

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
13 mars 2008 (13.03.2008)

PCT

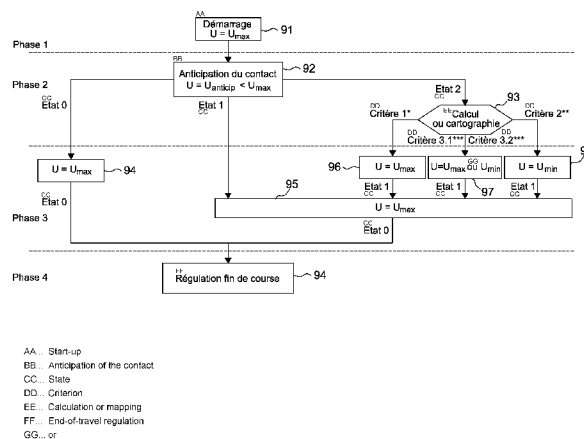
(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/029042 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
F16H 61/28 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2007/051802
- (22) Date de dépôt international : 8 août 2007 (08.08.2007)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0607761 5 septembre 2006 (05.09.2006) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **PEUGEOT CITROËN AUTOMOBILES SA** [FR/FR]; Route de Gisy, F-78140 Velizy Villacoublay (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **GUILLEMARD, Franck** [FR/FR]; 59 rue Porchefontaine, F-94370
- Sucy En Brie (FR). **BESNARD, Sébastien** [FR/FR]; 47 rue du Dr Roux, F-92330 Sceaux (FR). **BELMONT, Serge** [FR/FR]; 79-81 route Reine, F-92100 Boulogne Billancourt (FR). **LAFFITE, Jérôme** [FR/FR]; 6 allée Urbain le Verrier, F-93420 Villepinte (FR).
- (74) Mandataire : **LEROUX, Jean-Philippe**; Psa Peugeot Citroën, Propriété Industrielle (LG081), 18 rue des Fauvelles, F-92250 La Garenne-Colombes (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD OF CONTROLLING A DEVICE FOR COUPLING TWO DOGS, WITH A REDUCED ENGAGEMENT TIME

(54) Titre : PROCÉDE DE PILOTAGE D'UN DISPOSITIF D'ACCOUPLLEMENT DE DEUX CRABOTS, A TEMPS DE CRABOTAGE REDUIT



(57) Abstract: The invention relates to the field of the close control of the ratios of an integrated sequential gearbox, without a synchronizing mechanism, either within a conventional power train or within a hybrid power train which includes one or more electric drive motors in addition to the internal combustion engine. The coupling device comprises two dogs which rotate about the same axis and are each formed by teeth, the dogs being able to engage under the action of a mechanism which produces a force allowing the translational movement of one of the dogs, which is movable with respect to the other dog, the translation taking place along the axis of rotation of the dogs. The method comprises at least the following phases: a first approach phase without contact between the dogs, where a maximum force (U_{max}) is applied which allows the translation of the movable dog; a second phase where the force applied ($U_{anticip}$) is reduced (92) in order to detect the nature of the contacts between the teeth of the dogs from among at least the following three states: no contact (81), contact promoting the movement of the movable dog (82), and contact opposing the movement of the movable dog (83); a third phase where the force applied (U_{min} , U_{max}) is dependent on the nature of the contacts.

(57) Abrégé : L'invention concerne le domaine du pilotage rapproché des rapports d'une boîte de vitesse séquentielle intégrée, sans mécanisme de synchronisation, soit au sein d'une chaîne de traction classique, soit au sein d'une chaîne de traction hybride incluant en plus du moteur thermique un ou plusieurs moteurs électriques de traction. Le dispositif d'accouplement comporte

[Suite sur la page suivante]

WO 2008/029042 A1



RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale
— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

deux crabots tournant autour d'un même axe et formés chacun de dents, les crabots étant susceptibles de s'engrener sous l'action d'un mécanisme produisant un effort permettant le déplacement en translation d'un des crabots, mobile par rapport à l'autre, la translation se faisant le long de l'axe de rotation des crabots. Le procédé comporte au moins les phases suivantes; une première phase d'approche sans contact entre les crabots, où un effort maximum (U_{max}) est appliqué permettant la translation du crabot mobile; une deuxième phase où l'effort appliqué ($U_{anticip}$) est diminué (92) pour détecter la nature des contacts entre les dents des crabots parmi au moins les trois états suivants : pas de contact (81), contact favorisant le mouvement du crabot mobile (82) et contact s'opposant au mouvement du crabot mobile (83); une troisième phase où l'effort appliqué (U_{mtn} , U_{max}) est fonction de la nature des contacts.

Procédé de pilotage d'un dispositif d'accouplement de deux crabots, à temps de crabotage réduit

La présente invention concerne un procédé de pilotage d'un dispositif d'accouplement de deux crabots à temps de crabotage réduit.

5 L'invention concerne le domaine du pilotage rapproché des rapports d'une boîte de vitesses séquentielle intégrée, soit au sein d'une chaîne de traction classique, soit au sein d'une chaîne de traction hybride incluant en plus du moteur thermique un ou plusieurs moteurs électriques de traction. Plus généralement, l'invention concerne toute chaîne de traction pour laquelle il est nécessaire de placer entre la source d'énergie mécanique, c'est-à-dire le
10 moteur, et les roues une boîte de vitesse séquentielle permettant de respecter les contraintes de fonctionnement liées à la source d'énergie mécanique.

15 Usuellement une boîte de vitesse est constituée de plusieurs arbres munis d'un ensemble de pignons permettant l'obtention de plusieurs rapports de vitesse et donc de plusieurs couples entre l'arbre d'entrée de la boîte et l'arbre de sortie. Les pignons sont habituellement engrenés deux par deux, le premier étant monté solidaire sur un des arbres, l'autre étant monté par défaut fou sur l'autre arbre. Un dispositif d'actionnement permet suivant le rapport demandé de rendre solidaire le pignon fou de l'arbre autour duquel il tourne, soit au contraire de le désolidariser de cet arbre pour le rendre libre. Ce dispositif d'actionnement comporte généralement, pour chaque ensemble de deux pignons, un ensemble de deux crabots, un mécanisme de
20 synchronisation et un mécanisme de pilotage en translation d'un crabot lié à l'arbre permettant d'effectuer soit un décrabotage, soit un crabotage.

En raison de l'intégration de calculateurs de contrôle moteur sur les sources d'énergie mécaniques de traction, qu'il s'agisse de moteur thermique ou électrique, de la mise en place de chaînes d'actionnement de changement de rapport automatisé ou encore de l'implantation de capteurs de position et de vitesse permettant de connaître précisément et à tout instant la vitesse relative entre les deux pignons en rotation comme en translation, le pilotage du changement de rapport devient plus facile.
30

Dans ces conditions, la présence du mécanisme de synchronisation mécanique n'est plus nécessaire car il est tout à fait possible d'envisager de reconstituer cette synchronisation par la mise en place d'un algorithme de commande assurant la synchronisation entre le dispositif de changement de rapport, le moteur de traction concerné par le changement de rapport et la charge véhicule.

- Une chaîne de changement de rapport de vitesse sans dispositif de synchronisation permet notamment de simplifier la boîte de vitesse, de réduire sa taille et donc de limiter son coût.
- 10 Dans ce cas, un problème est d'assurer un temps de crabotage le plus petit possible pour minimiser l'inconfort ressenti par le conducteur. Or, suivant le positionnement relatif des crabots les uns par rapport aux autres au moment du contact, il apparaît une forte dispersion dans ce temps de crabotage notamment dans le cas d'une commande de la chaîne d'actionnement de
- 15 changement de rapport utilisant une commande de type boucle ouverte ou encore une commande bouclée en position du crabot mobile

L'invention a notamment pour but de résoudre ce problème, en permettant de minimiser le temps de crabotage et sa dispersion. A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de pilotage d'un dispositif d'accouplement de deux crabots tournant autour d'un même axe et comportant chacun des dents, les crabots étant susceptibles de s'engrener sous l'action d'un mécanisme produisant un effort permettant le déplacement en translation d'un des crabots, mobile par rapport à l'autre, la translation se faisant le long de l'axe

20 de rotation des crabots. Le procédé comporte au moins les phases suivantes :

- une première phase d'approche sans contact entre les crabots, où un effort maximum U_{max} est appliqué permettant la translation du crabot mobile ;
- 30 - une deuxième phase où l'effort appliqué est diminué pour détecter la nature des contacts entre les dents des crabots parmi au moins les trois états suivants : pas de contact, contact favorisant le mouvement du crabot mobile et contact s'opposant au mouvement du crabot mobile ;

3

- une troisième phase où l'effort appliqué est fonction de la nature des contacts.

La détection de la nature des contacts se fait par exemple entre deux positions θ_1 , θ_1' du crabot mobile correspondant aux positions minimale et maximale du sommet des dents du crabot mobile en phase de contact avec les dents du l'autre crabot.

L'effort d'entraînement du crabot mobile est par exemple appliqué selon les critères qui suivent.

Si dans l'intervalle compris entre les deux positions θ_1 , θ_1' il n'y a pas de contact, l'effort maximum U_{\max} est de nouveau appliqué.

Si dans l'intervalle compris entre les deux positions θ_1 , θ_1' un contact est détecté, la position relative $\Delta\theta_c$ est calculée, l'effort appliqué étant fonction de la position relative calculée.

Si la nature des contacts favorise le mouvement, l'effort maximum U_{\max} est à nouveau appliqué.

Si la nature du contact s'oppose au mouvement, l'effort appliqué est par ailleurs fonction de la vitesse relative $\Delta\omega$ entre les crabots.

Dans le cas où la vitesse relative en valeur absolue est inférieure à un seuil donné et la position relative $\Delta\theta_c$ des dents des crabots est proche de la position pointe de dent sur pointe de dent, vérifiant $\Delta\theta_c < \Delta\theta_{c_seuil1}$ ou $\Delta\theta_c > \Delta\theta_{c_seuil2}$, l'effort maximum U_{\max} est, par exemple, appliqué.

Dans le cas où la vitesse relative en valeur absolue est supérieure à un seuil donné et la position relative $\Delta\theta_c$ des dents des crabots est éloignée de la position pointe de dent sur pointe de dent, vérifiant $\Delta\theta_c > \Delta\theta_{c_seuil1}$ ou $\Delta\theta_c < \Delta\theta_{c_seuil2}$, l'effort minimum U_{\min} est par exemple appliqué.

Dans un mode de mise en œuvre, lorsque la position du crabot mobile atteint la position maximale de contact θ_1' , l'effort maximum U_{\max} est appliqué jusqu'à une position θ_2 où débute une phase de régulation de fin de course du crabot mobile.

L'effort appliqué est par exemple produit par un moteur commandé en tension U.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

4

- la figure 1, une représentation schématique d'un dispositif d'accouplement à crabots comprenant un mécanisme de synchronisation ;
- la figure 2, une représentation schématique d'un dispositif d'accouplement à crabot sans mécanisme de synchronisation selon l'art antérieur ;
- la figure 3, une représentation schématique d'un exemple de dispositif d'accouplement à crabots auquel l'invention peut être appliquée ;
- les figures 4 et 5, une illustration de configurations possibles des dents des crabots avant crabotage ;
- la figure 6, une représentation de différents cas possibles de positionnement relatif des dents des crabots au moment de l'entrée en contact des dents ;
- les figures 7a et 7b, une illustration de l'effet du contact dent sur dent sur la variation de vitesse relative entre deux crabots ;
- la figure 8, une représentation des états d'un estimateur de détection d'état pouvant être utilisé par un procédé selon l'invention ;
- la figure 9, une illustration des phases possibles d'un procédé selon l'invention ;
- les figures 10a et 10b, des illustrations respectivement d'une phase de démarrage et d'une phase d'anticipation du contact des dents mis en œuvre par le procédé selon l'invention ;
- les figures 11a et 11b, des illustrations respectivement d'un cas où il n'y a pas de contact dent sur dent et d'une gestion des contacts dans un premier état ;
- les figures 12a, 12b, 13a et 13b des illustrations de deux gestions de contact dans un deuxième état ;
- la figure 14, une illustration de la position des dents des crabots en fin de course.

Les figures 1 et 2 illustrent l'art antérieur. La figure 1 représente schématiquement un dispositif d'accouplement à crabots comprenant un mécanisme de synchronisation et la figure 2 représente schématiquement le même dispositif sans mécanisme de synchronisation.

La figure 1 représente donc un exemple d'entraînement de deux arbres 1, 2. L'arbre 1 est un arbre d'entrée de la boîte de vitesses et l'arbre 2 est un arbre de sortie de la boîte de vitesses. Un pignon 3 est solidaire de l'arbre 1 et un pignon 4 est monté fou sur l'arbre de sortie 2. Un dispositif d'actionnement 5
5 permet, suivant le rapport demandé, de rendre soit solidaire le pignon fou 4 de l'arbre 2 autour duquel il tourne, soit au contraire de le désolidariser de cet arbre 2 pour le rendre libre.

Le dispositif d'actionnement 5 comporte deux crabots 6 et 7. Le crabot 6 est solidaire du pignon fou 4 et le crabot 7 est solidaire en rotation de l'arbre de
10 sortie 2 autour duquel tourne le pignon fou 4 et libre en translation le long de l'axe de rotation de l'arbre 2. Le crabot 6 comporte des dents 9 aptes à s'intercaler entre des dents 10 du crabot 7 de telle sorte de rendre solidaire le pignon fou 4 de l'arbre 2 autour duquel il tourne.

Le dispositif d'actionnement 5 comporte également un mécanisme de
15 synchronisation 11 comprenant généralement deux cônes 12 et 13 associés à chacun des crabots 6 et 7 et permettant d'annuler la différence de vitesse de rotation pouvant exister entre les crabots 6 et 7 lorsqu'un crabotage est souhaité pour changer de rapport et donc permettant d'éviter tout choc excessif entre les pignons 3 et 4. De tels chocs peuvent mener à une usure
20 prématurée des crabots 6 et 7 et également à une perte d'agrément pour le conducteur d'un véhicule équipé d'une telle boîte de vitesses dans une phase de changement de rapport.

Le dispositif d'actionnement 5 comporte en outre un mécanisme de pilotage en translation du crabot 7 permettant d'effectuer soit un décrabotage, soit un
25 crabotage. Pour ne pas surcharger la figure, le mécanisme de pilotage n'est pas représenté. Des flèches 14 montrent néanmoins le mouvement du crabot 7 pour obtenir le crabotage.

Grâce à de nouveaux moyens, notamment des calculateurs et des capteurs de vitesse relative entre les crabots, on peut se passer de mécanisme de
30 synchronisation mécanique utilisant les cônes 12 et 13 représentés sur la figure 1. Il est effet tout à fait possible de reconstituer la synchronisation par la mise en place d'un algorithme de commande assurant la synchronisation entre le dispositif de changement de rapport et le moteur de traction concerné par le changement de rapport et la charge véhicule. Une telle

simplification est représentée sur la figure 2. Elle permet notamment de simplifier la boîte de vitesses.

Comme indiqué précédemment, on a constaté que suivant le positionnement angulaire relatif des crabots 6 et 7 l'un par rapport à l'autre au moment du contact entre leurs dents respectives, il apparaît une forte dispersion dans la durée pour effectuer le crabotage.

La figure 3 représente un dispositif d'accouplement à crabots sans mécanisme de synchronisation et reprenant les différents éléments du dispositif de la figure 2, à savoir les arbres 1 et 2, les pignons 3 et 4 et les crabots 6 et 7. L'arbre 1 est par exemple un arbre d'entrée d'une boîte de vitesses et est relié à un moteur de traction 18 thermique ou électrique. L'arbre 2 est par exemple un arbre de sortie de la boîte de vitesses et est relié aux roues d'un véhicule équipé de la boîte de vitesses. Le mécanisme de pilotage en translation du crabit 7 comprend un moteur électrique 20 et un barillet 21 entraîné par le moteur électrique 20 par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse 22. Le barillet 21 est creusé par au moins une piste 23 dans laquelle un doigt 24 peut coulisser. La piste 23 a par exemple une forme hélicoïdale autour d'un arbre 25 de rotation du barillet 21. Le doigt 24 est solidaire d'une fourchette 26 entraînant le crabit 7 en translation le long de l'arbre 2. Le mouvement en translation de la fourchette 26 est matérialisé par la flèche 27. Sur la figure 3, on a représenté une courbe 28 montrant la relation, définie par le profil de la piste 23, entre l'angle de rotation θ_b de l'arbre 25 et le déplacement en translation du doigt 24 suivant un axe z parallèle à l'arbre 2.

Le mécanisme comporte en outre un premier capteur de vitesse angulaire 30 de la rotation de l'arbre 25 du barillet, un deuxième capteur de vitesse angulaire 31 de la rotation de l'arbre d'entrée 1 et un troisième capteur de vitesse angulaire 32 de la rotation de l'arbre de sortie 2. Les capteurs 30, 31 et 32 transmettent à un calculateur 33 les vitesses de rotation des arbres 1, 2 et 25. Le calculateur 33 permet notamment de piloter les moteurs 18 et 20.

Les figures 4 et 5 représentent respectivement deux exemples de forme des dents 9 et 10 appartenant respectivement aux crabots 6 et 7. Les dents 9 et 10 sont positionnés régulièrement sur le même rayon moyen autour de l'axe

de l'arbre 2 de telle sorte que les dents 10 du crabot 7 puissent s'intercaler dans des creux ménagés entre les dents 9 du crabot 6.

On suppose que le nombre et la forme des dents 9 et 10 de chaque crabot 6 et 7 sont identiques. Il est tout à fait possible de mettre en œuvre l'invention dans d'autres configurations géométriques de dents et en particulier dans le cas où le crabot 7 est muni de grandes dents 35 semblables aux dents 10 et l'autre crabot 6 est muni à la fois de grandes dents 36 identiques aux dents 35 et en complément de petites dents 37 de même forme que les grandes dents 36 dans une taille réduite et ménagée dans les creux formés entre les grandes dents 36 comme représenté sur la figure 5.

Chaque dent comporte deux types de face, des flancs et un sommet. Chaque dent 10 comporte deux flancs 40 et 41 dont un axe normal est sensiblement perpendiculaire à l'axe de translation des crabots 6 et 7. Les flancs 40 et 41 peuvent être légèrement inclinés d'un angle θ_f , comme représenté sur la figure 4 afin de produire un effet s'opposant au décrabotage. L'angle θ_f est avantageusement inférieur à 10° . Les flancs 42 et 43 des dents 9 sont parallèles aux flancs correspondants, respectivement 40 et 41, des dents 10. Chaque dent 10 comporte un sommet 44 dont la forme est sensiblement comprise dans un plan dont un axe normal est parallèle à l'axe de translation des crabots 6 et 7. La forme du sommet 44 peut par exemple être bombée mais pour des raisons de simplicité on considère que le sommet 44 comporte deux faces planes 44a et 44b symétriques par rapport à un plan de symétrie des deux flancs 40 et 41. Les deux faces sont inclinées d'un angle θ_d avantageusement inférieur à 15° . Chaque dent 9 comporte également un sommet 45 semblable au sommet 44. Comme précédemment, on peut également considérer que le sommet 45 comporte deux faces planes 45a et 45b. La forme bombée, modélisée par les faces planes 44a, 44b, 45a et 45b produit en cas de contact des dents sommet sur sommet soit une augmentation de la différence de vitesse angulaire entre crabots (dans ce cas la surface favorise le mouvement angulaire entre dents), soit une diminution de vitesse angulaire entre crabots (dans ce cas la surface s'oppose au mouvement angulaire entre dents).

Suivant la position et la vitesse angulaire relative initiale entre les deux crabots, plusieurs configurations géométriques de contact des dents en vis à vis sont possibles lors du crabotage :

a) Contact sommet de dent sur sommet de dent avec orientation de la surface de sommet de dent favorisant le mouvement relatif angulaire entre crabots.

5 c) Contact sommet de dent sur sommet de dent avec orientation de la surface de sommet de dent s'opposant au mouvement angulaire relatif entre crabots.

b) Contact flanc sur flanc des dents. Dans ce cas, les dents se sont directement positionnées dans leur creux respectif.

10 Sur la figure 4, on a représenté en trait gras une courbe-enveloppe 46 des positions possibles d'un point O situé en milieu du sommet 44 de la dent 10 lors du contact des dents 9 et 10 pendant le crabotage. L'enveloppe 46 permet de prévoir statistiquement la probabilité d'avoir une des trois configurations a) b) et c) précédemment décrite. L'enveloppe 46 est représentée sur une longueur angulaire c autour de l'axe de rotation des
15 crabots égale à $2\pi/n$, n représentant le nombre total de dents d'un des crabots. Dans une première partie 46(1) de l'enveloppe 46 de longueur angulaire a , on se trouve dans la première configuration a) de contact sommet de dent sur sommet de dent avec orientation de la surface de sommet de dent favorisant le mouvement relatif angulaire entre crabots.
20 Dans une deuxième partie 46(2) de l'enveloppe 46 de longueur angulaire b , on se trouve dans la deuxième configuration b) de contact flanc sur flanc des dents. Dans une troisième partie 46(3) de l'enveloppe 46 de longueur angulaire a , on se trouve dans la troisième configuration c) de contact
25 sommet de dent sur sommet de dent avec orientation de la surface de sommet de dent s'opposant au mouvement relatif angulaire entre crabots.

On constate que la probabilité b/c de configuration b) flanc sur flanc est très inférieure à la probabilité des deux autres configurations a) et c) puisque b représente le jeu entre la longueur angulaire des espaces entre dents et des largeurs de dents, jeu que l'on souhaite limiter notamment pour des raisons
30 de confort et d'agrément de la conduite du véhicule.

En définissant le temps de crabotage comme le temps mis par les crabots pour atteindre la position où le contact entre dents 9 et 10 est effectif flanc sur flanc, il est bien évident que le temps le plus court sera obtenu si la configuration flanc sur flanc se présente en premier en phase de crabotage.
35 Malheureusement, cette situation est la moins probable. Dans la plupart des

cas, les crabots se retrouvent en configuration sommet de dent sur sommet de dent, ce qui génère non seulement un choc, mais également une perte de temps.

A titre d'illustration de ce qui précède une courbe-enveloppe 50 a également
5 été représentée sur la figure 5.

La figure 6 présente différents cas possibles lors du crabotage, obtenus avec une commande du moteur 20 du mécanisme de pilotage en translation du crabot 7 de type boucle ouverte, en l'alimentant constamment à sa tension
10 maximale. Ces cas sont autant de source de dispersion dans les temps obtenus de crabotage. La figure 6 représente différentes positions relatives des deux crabots 6 et 7. Pour chaque cas, les positions se succèdent chronologiquement du haut vers le bas de la figure 6. Des flèches montrent le mouvement relatif d'une dent 10 par rapport à une dent 9.

15 Dans le cas n°1, un contact sommet de dent sur sommet de dent est obtenu favorisant l'augmentation de la vitesse angulaire entre crabots. Après ce contact, les dents tombent dans leur creux respectif puis se mettent en appui flanc sur flanc.

Dans le cas n°2, les dents tombent directement dans leur creux respectif puis
20 se mettent en appui flanc sur flanc

Comme expliqué précédemment le temps de crabotage est ici très court mais la probabilité d'occurrence du cas n°2 est très faible.

Dans le cas n°3, un contact sommet de dent sur sommet de dent est d'abord obtenu s'opposant au mouvement angulaire relatif entre crabots. Dans un
25 premier temps, l'angle relatif continue d'augmenter se traduisant par une inversion du mouvement (donc de la vitesse) de translation entre dents (remontée de la dent 10). Dans un second temps, l'angle relatif se stabilise puis diminue (donc la vitesse relative angulaire s'inverse) de telle sorte que le mouvement de translation s'inverse à nouveau (inversion de la vitesse de
30 translation). Enfin les dents tombent dans leur creux respectif puis se mettent en appui flanc sur flanc.

Dans le cas n°4, comme dans le cas n°3, un contact sommet de dent sur sommet de dent est obtenu s'opposant au mouvement angulaire relatif entre crabots. Mais cette fois ci, contrairement au cas n°3, le mouvement angulaire
35 relatif entre crabots ne s'inverse pas. Dans un premier temps le mouvement

de translation entre crabots s'inverse pour provoquer une remontée de la dent 10. Dans un second temps après passage en haut de la dent, le mouvement de translation s'inverse à nouveau pour provoquer une descente de la dent 10 sur la face opposée. Enfin, les dents tombent dans leur creux respectif puis se mettent en contact flanc sur flanc.

Parmi l'ensemble de ces situations, le cas n°3 est celui qui aboutit au temps de crabotage le plus long, notamment pour des vitesses relatives importantes.

Face à cette diversité de situations et donc de dispersion et d'allongement des temps de crabotage, l'invention propose notamment une commande de moteur de la chaîne d'actionnement de changement de rapport réduisant le temps de crabotage et la dispersion de ce temps suivant les situations rencontrées.

Les figures 7a et 7b illustrent l'effet du contact dent sur dent sur la variation de vitesse relative $\Delta\omega$ entre deux crabots 9, 10. La figure 7a illustre le cas où la vitesse relative, en valeur absolue, augmente pendant la durée du contact. Dans ce cas quel que soit le signe de la vitesse relative $\Delta\omega$, le déplacement relatif en rotation 71a et en translation 71b de la dent 10 par rapport à la dent 9 favorise le crabotage (rapprochement des 2 crabots. La figure 7a illustre les deux cas où $\Delta\omega > 0$ et $\Delta\omega < 0$. La figure 7b illustre le cas où quel que soit le signe de la vitesse relative $\Delta\omega$, le déplacement relatif en rotation 72a et en translation 72b de la dent 10 par rapport à la dent 9 favorise le décrabotage (éloignement des 2 crabots). Dans ce cas, la vitesse relative, en valeur absolue, diminue pendant la durée du contact.

Lorsque la vitesse relative avant contact est constante, un contact dent sur dent se traduit donc par une variation de la vitesse relative $\Delta\omega$. Ainsi, à partir de la connaissance de la valeur et du signe de la vitesse relative avant contact et de sa variation (signe de sa dérivée) pendant la durée du contact ou juste après l'instant du contact et de la position du barillet, définie par sa position angulaire θ_b , il est possible d'estimer le type des surfaces des dents en contact, c'est-à-dire soit une surface favorisant une augmentation de la valeur absolue de la vitesse relative ou une surface favorisant une diminution

de la valeur absolue de la vitesse relative. Il est alors possible d'estimer la position relative angulaire $\Delta\theta$ des dents 9, 10.

Le procédé selon l'invention estime la nature des surfaces en contact et la position relative des dents des crabots afin d'appliquer une commande plus appropriée. Cette commande contrôle l'effort appliqué sur le crabot 7 piloté
5 par le barillet 21. Plus particulièrement, en se référant à la figure 3, la commande est par exemple une consigne en tension U qui commande le moteur 20 activant le barillet 21. Plus la tension de consigne U est grande, plus l'effort appliqué sur le crabot est important par exemple. En particulier, la
10 commande appropriée permet :

- soit d'appliquer la commande avec une tension réduite U_{\min} pour diminuer les temps de crabotage des situations du type du cas n°3 de la figure 6 en les transformant en cas n°4, les cas n°3 étant les plus consommateurs de temps pour de fortes vitesses relatives $\Delta\omega$, dans le
15 cas où le contact dent sur dent tend à faire diminuer la vitesse relative en valeur absolue, jusqu'à ce que l'état pointe de dent sur pointe de dent soit atteint ;
- soit d'appliquer une commande avec une tension maximum U_{\max} par exemple, en évitant de trop augmenter les temps des cas n°4, où le
20 contact dent sur dent tend à faire augmenter la vitesse relative en valeur absolue ou de trop augmenter les temps de crabotage des cas n°3 pour de faibles vitesses relatives $\Delta\omega$;
- soit d'appliquer une commande avec une tension maximum U_{\max} par exemple pour des situations du type du cas n°1.

25

La figure 8 présente les états d'une machine d'état de détection des contacts dent sur dent entre les deux crabots 6, 7, utilisée par l'invention. Cette machine, qui est un estimateur, comporte trois états 81, 82, 83 :

- un premier état 81, noté état 0, où il n'y a pas de contact dent sur
30 dent ;
- un deuxième état 82, noté état 1, où il y a contact dent sur dent favorisant le mouvement, c'est-à-dire que le contact a pour effet d'augmenter la valeur absolue de la vitesse relative entre les crabots ;

12

- un troisième état 83, noté état 2, où il y a contact dent sur dent s'opposant au mouvement, c'est-à-dire que le contact tend à diminuer la valeur absolue de la vitesse relative entre les crabots.

Les conditions de passage d'un état à un autre sont par exemple les suivantes :

- 5
- passage 83 de l'état 0 à l'état 1 : $\frac{d|\Delta\omega|}{dt} \geq 0$ et $\theta_1 \leq \theta_b \leq \theta_1'$ (1)
 - passage 84 de l'état 1 à l'état 0 : $\omega_b > \omega_{b_seuil}$ et $\theta_b > \theta_1'$ (2)
 - passage 85 de l'état 1 à l'état 2 : $\frac{d|\Delta\omega|}{dt} < 0$ (3)
 - passage 86 de l'état 2 à l'état 1 : $\frac{d|\Delta\omega|}{dt} \geq 0$ (4)
 - 10 - passage 87 de l'état 0 à l'état 2 : $\frac{d|\Delta\omega|}{dt} < 0$ et $\theta_1 \leq \theta_b \leq \theta_1'$ (5)
 - passage 88 de l'état 2 à l'état 0 : $\theta_b < \theta_1'$ (6)

θ_1 et θ_1' sont des positions du barillet qui seront précisées par la suite en regard des figures 10 à 14.

15 Il est à noter que la transition 88 de l'état 2 à l'état 0 peut se produire dans certains cas, notamment en cas de vitesse relative élevée, mais peut rester marginale par rapport aux transitions 83, 87 de l'état 0 vers les états 1 et 2 et à la transition 86 de l'état 2 vers l'état 1. La transition 85 de l'état 1 vers l'état 2 peut ne pas être envisagée.

20 Sur la figure 8, les conditions de passage d'un état à un autre sont exprimées par des relations mettant en jeu la position angulaire du barillet θ_b , la vitesse de rotation ω_b du barillet 21 et la variation temporelle de la vitesse relative $\Delta\omega$. Compte tenu des caractéristiques de la chaîne cinématique, certaines relations peuvent être substituées par des relations équivalentes exprimées avec d'autres variables. Par exemple la position θ_b du barillet 21 et la position
25 en translation x du crabot 7 sont équivalentes, ainsi :

$$x \approx R_b \tan(\Psi_{\max})\theta_b + x_i \quad (7)$$

où :

- R_b exprime le rayon effectif du barillet 21 ;
- 30 - Ψ_{\max} exprime l'angle maximum de rampe 28 ;
- x_i est une abscisse d'origine.

Toutefois, comme on suppose que l'on dispose à chaque instant de l'information de position angulaire θ_b du barillet, la machine d'état de la figure 8 privilégie l'écriture des conditions de passage d'un état à un autre avec cette variable.

- 5 L'estimation de la position angulaire relative $\Delta\theta_{c1}$ entre crabots dans l'état 1 est donnée par la relation suivante :

$$\Delta\theta_{c1} = -\text{signe}(\Delta\omega) \frac{x - x_1}{R_{c_dent} \tan(\theta_d)} + k \frac{2\pi}{n} \quad (8)$$

- 10 L'estimation de la position angulaire relative $\Delta\theta_{c2}$ entre crabots dans l'état 2 est donnée par la relation suivante :

$$\Delta\theta_{c2} = +\text{signe}(\Delta\omega) \frac{x - x_1}{R_{c_dent} \tan(\theta_d)} + k \frac{2\pi}{n} \quad (9)$$

- 15 x , étant la position relative en translation entre crabots dans l'état 1 et dans l'état 2 (définis en fonction de la position angulaire θ_b selon la relation (7), x_1 étant la position relative en translation entre crabots correspondant à la position angulaire θ_1 , la grandeur R_{c_dent} exprimant le rayon moyen des crabots 6,7, $\text{signe}(\Delta\omega)$ exprimant le signe de la vitesse angulaire relative $\Delta\omega$ et θ_d exprimant l'angle de chanfrein défini précédemment.

20

La figure 9 illustre un procédé de commande selon l'invention. Une commande selon l'invention s'appuie notamment sur la machine d'état de détection des contacts entre crabots décrite relativement à la figure 8 et comporte par exemple les phases suivantes :

- 25 - Phase 1 : démarrage de la phase de crabotage 91 ;
 - Phase 2 : anticipation 92 et détection 93 du contact et des surfaces de contact ;
 - Phase 3 : gestion du contact ;
 - Phase 4 : gestion de la fin du crabotage, par régulation 94 de la fin de
 30 course du barillet 21.

Ces différentes phases de la commande en fonction de la position du barillet seront par ailleurs décrites en regards des figures 10 à 14, les conventions de représentation étant les mêmes que celles de la figure 4. Par ailleurs, sur

ces figures 10 à 14, les positions relatives des dents 9 du crabot 6 par rapport aux dents 10 du crabot 7 sont illustrées en regard des positions angulaires θ_b du barillet, positions équivalentes aux positions en translation du barillet et donc du crabot 7. Les positions θ_1 et $\theta_{1'}$ évoquées
 5 précédemment correspondent respectivement aux positions minimale et maximale du point O des sommets 45 des dents 10 en phase de contact avec les dents 9, ces positions sont équivalentes aux positions x_1 , $x_{1'}$ de la figure 4.

La phase 1 est une phase d'approche sans contact du crabot 7, mobile par rapport au crabot 6, considéré comme fixe. On applique un effort maximum permettant la translation du crabot mobile. Ainsi, dans la phase 1, la commande du moteur 20 est par exemple mise à la pleine tension U_{max} de la position relative initiale jusqu'à la position θ_0 du barillet, équivalent à la position en translation x_0 du barillet. Aucun contact entre les dents n'a eu lieu pendant ce temps, le système est dans l'état 0 défini relativement à la figure
 15 8, qui reste par conséquent toujours le même quelles que soient les configurations se produisant ensuite. La tension appliquée en entrée du moteur électrique 20 est maximum afin de minimiser le temps de démarrage, donc le temps de crabotage. Cet état est illustré par la figure 10a et la position des dents 9 est telle que $0 \leq \theta_b < \theta_0$.

Dans la phase 2, à partir de la position θ_0 , la commande du moteur est ensuite fortement diminuée, par une tension de consigne $U_{anticip}$ inférieure à U_{max} afin d'anticiper un contact dent sur dent, cette situation est illustrée par la figure 10b où $\theta_0 \leq \theta_b < \theta_1$. Après cette étape 92 d'anticipation du contact, le
 25 procédé effectue une détection du contact 93 :

- Si dans l'intervalle de position du barillet compris entre θ_1 et $\theta_{1'}$ soit $[\theta_1, \theta_{1'}]$, la machine d'état de détection des contacts reste dans l'état 0, il n'y a pas eu de contact dent sur dent et la commande $U_{anticip}$ est maintenue. A partir de la position $\theta_{1'}$ du barillet, on applique de
 30 nouveau une commande à pleine tension $U = U_{max}$ comme illustré en 94 sur la figure 9, jusqu'à ce que la position θ_b du barillet atteigne une position limite θ_2 comme illustré par la figure 11a, dans la phase 3.
- Si au contraire la machine d'état ne reste pas dans l'état 0, passant soit dans l'état 1, soit dans l'état 2, on calcule la position relative $\Delta\theta_c$
 35 des dents des crabots.

Les étapes de la phase 3 diffèrent selon que la machine d'état est dans l'état 1 ou dans l'état 2.

Si la machine se trouve dans l'état 1, on se trouve dans le cas illustré par la figure 11b où le contact tend à faire augmenter la vitesse relative en valeur absolue. On applique de nouveau une commande à pleine tension $U = U_{\max}$ comme illustré en 95 de la figure 9.

Si la machine se trouve dans l'état 2, le contact tend à faire diminuer la vitesse relative en valeur absolue. Plusieurs consignes de commandes 96, 97, 98 sont possibles suivant la position relative des dents des crabots $\Delta\theta_c$ et la valeur relative $\Delta\omega$. Dans ce cas, plusieurs critères sont à prendre en considération :

$$\text{Critère 1: } |\Delta\omega| \leq \Delta\omega_{\text{seuil}} \text{ et } (\Delta\theta_c < \Delta\theta_{c_seuil1}(\Delta\omega) \text{ ou } \Delta\theta_c > \Delta\theta_{c_seuil2}(\Delta\omega)) \quad (10)$$

$$\text{Critère 2: } |\Delta\omega| > \Delta\omega_{\text{seuil}} \text{ et } (\Delta\theta_c \geq \Delta\theta_{c_seuil1}(\Delta\omega) \text{ ou } \Delta\theta_c \leq \Delta\theta_{c_seuil2}(\Delta\omega)) \quad (11)$$

$$\text{Critère 3.1: } |\Delta\omega| \leq \Delta\omega_{\text{seuil}} \text{ et } (\Delta\theta_c \geq \Delta\theta_{c_seuil1}(\Delta\omega) \text{ ou } \Delta\theta_c \leq \Delta\theta_{c_seuil2}(\Delta\omega)) \quad (12)$$

$$\text{Critère 3.2: } |\Delta\omega| > \Delta\omega_{\text{seuil}} \text{ et } (\Delta\theta_c < \Delta\theta_{c_seuil1}(\Delta\omega) \text{ ou } \Delta\theta_c > \Delta\theta_{c_seuil2}(\Delta\omega)) \quad (13)$$

Les indices comportant le terme « seuil » indique qu'il s'agit de valeurs de seuil.

Le critère 1, défini par la relation (10), est vérifié lorsque la vitesse relative $\Delta\omega$ est faible, inférieur à un seuil, et que la position relative des dents des crabots $\Delta\theta_c$ est proche de la position pointe de dent sur pointe de dents, soit $\Delta\theta_c < \Delta\theta_{c_seuil1}$ ou $\Delta\theta_c > \Delta\theta_{c_seuil2}$, comme illustré par la figure 12a. Dans le cas où ce critère 1 est vérifié, on applique une commande pleine tension $U = U_{\max}$, comme illustré en 96 de la figure 9, car le temps nécessaire pour que la vitesse relative change de signe est relativement court. Une fois que la vitesse relative a changé de signe, on se trouve alors dans l'état 1, c'est-à-dire dans le cas où le contact tend à faire augmenter la vitesse relative en valeur absolue et on applique de nouveau une tension maximum $U = U_{\max}$ comme illustré en 95 de la figure 9.

Le critère 2, défini par la relation (11), est vérifié lorsque la vitesse relative $\Delta\omega$ est élevée, supérieure à un seuil, et que la position relative des dents des crabots $\Delta\theta_c$ est éloignée de la position pointe de dent sur pointe de dent, soit $\Delta\theta_c > \Delta\theta_{c_seuil1}$ ou $\Delta\theta_c < \Delta\theta_{c_seuil2}$, comme illustré par la figure 12b. Dans le cas où ce critère 2 est vérifié, on applique une tension $U = U_{\min}$, comme illustré en 98 de la figure 9, de sorte que le contact dent sur dent dans l'état 2 ne prenne pas trop de temps. On passe la position pointe de dent sur pointe de

dent, les surfaces de contact changent et l'on se trouve alors dans l'état 1. On applique de nouveau une pleine tension $U = U_{\max}$ comme illustré en 95 de la figure 9.

Les deux autres critères à considérer, critère 3.1 et critère 3.2 définis par les relations (12) et (13), sont illustrés respectivement par les figures 13a et 13b. Dans les cas où les critères 3.1 et 3.2 sont vérifiés, on peut appliquer indifféremment la commande pleine tension $U = U_{\max}$ ou $U = U_{\min}$, comme illustré en 97 de la figure 9, car les temps pour passer la pointe de la dent ou pour changer de signe la vitesse relative dans ces conditions sont sensiblement identiques. On se trouve alors dans l'état 1 et l'on applique de nouveau une pleine tension $U = U_{\max}$ comme illustré en 95 de la figure 9.

A partir de la position du barillet $\theta_b = \theta_1$, on se trouve dans l'état 0, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de contact dent sur dent, et on applique une commande pleine tension $U = U_{\max}$.

En phase 4, à partir de la position $\theta_b = \theta_2$, on débute la phase de régulation 99 de fin de course du barillet 21 sur une valeur cible correspondant à la position nominale du mode d'arrivée, comme illustré par la figure 14.

Les phases et les étapes de commande telles qu'illustrées par la figure 9 notamment peuvent être mis en œuvre par le calculateur 33 pilotant le moteur 20.

Une commande selon l'invention, s'appuyant sur une machine d'état des contacts dent sur dent des crabots, permet d'appliquer une commande appropriée à la nature des contacts et à la position relative des dents des crabots pendant les contacts dent sur dent. Il est à noter que le calcul 93 permettant d'appliquer la commande adéquate durant la phase 3 dans le cas d'un contact s'opposant au mouvement (état 2) peut être préalablement établi et stocké sous forme de cartographie par exemple. Afin de simplifier la gestion des contacts, par exemple dans le cas où le critère 3.1 ou 3.2 est vérifié ou lors d'une indétermination de la position relative, une commande par défaut peut être appliquée, $U = U_{\max}$ par exemple.

La position angulaire θ_b du barillet est notamment fourni par le capteur 30 de la figure 3, ce capteur étant initialement un capteur de position, la vitesse étant obtenue en dérivant par rapport au temps les positions angulaires

successives du barillet, les données fournies par le capteur 30 étant prises en compte par le calculateur 33. De préférence, les signaux fournis par le capteur 30 sont suffisamment précis et échantillonnés à une fréquence suffisamment élevée. En effet, pour pouvoir calculer la vitesse de rotation du barillet ω_b à partir de la connaissance de la position du barillet, il est nécessaire de dériver ce signal et tout bruit est systématiquement amplifié par cette opération. De plus, compte tenu du faible angle de chanfrein θ_a , la résolution et la fréquence d'échantillonneur du capteur de position du barillet doivent être suffisante de façon à pouvoir détecter correctement les positions θ_b correspondant aux positions dent sur dent, la distance entre les positions limites étant de ce fait faibles.

Le calculateur dispose par ailleurs de l'information vitesse relative entre les crabots $\Delta\omega$ et de la connaissance de la géométrie des crabots. En particulier, un certain nombre de paramètres de commande dépendent de la connaissance de la vitesse de rotation relative entre les crabots $\Delta\omega$. Celle-ci est suffisamment précise pour que le paramétrage de la commande permette d'obtenir les performances attendues.

La cinématique de la chaîne d'actionnement permet d'utiliser soit la position angulaire du barillet θ_b , soit la position en translation du crabot x , pour l'estimation de la nature des surfaces de contact et de la position relative des dents des crabots en contact. Lorsque la position du barillet θ_b se trouve dans l'intervalle $[\theta_0, \theta_2]$, la relation (7) exprime la relation entre x et θ_b . En dérivant cette relation (7) par rapport au temps, on obtient une relation analogue entre la vitesse de translation des crabots V_c et la vitesse de rotation du barillet ω_b .

Avantageusement, la mise en œuvre de l'invention ne nécessite pas le pilotage de la machine de traction pendant le temps du crabotage.

De préférence la machine de traction est pilotée avant le crabotage afin d'aboutir à une vitesse de rotation relative entre les crabots compatibles avec les exigences de tenue des dents et avec les exigences de confort et de tenue. Les deux commandes, synchronisation de vitesse angulaire par le moteur de traction d'une part et crabotage par le moteur de changement de rapport d'autre part, restent séparées.

Avantageusement, la phase d'anticipation du contact dent sur dent permet de diminuer les temps les plus longs sans pénaliser les temps les

plus courts, en raison notamment de l'importance de l'inertie de l'actionneur électrique devant celle du système mécanique.

Les commandes appliquées dans la phase 3 de gestion des contacts dent sur dent, notamment la commande U_{\min} appliquée pour l'état 2, peuvent être
5 remplacées par des commandes en effort crabot, donc par des commandes en courant du moteur électrique 20.

Dans le cas particulier où l'un des crabots est muni de grandes dents et l'autre crabot est muni également des mêmes grandes dents et de petites dents de même forme que les grandes comme illustré par la figure 5, une
10 commande selon l'invention peut encore être appliquée. On répète alors les phases de détection et de gestion des contacts dent sur dent. Cependant, une fois que les dents du crabot mobile en translation se trouvent dans le creux des grandes dents du crabot opposé, la géométrie des crabots, notamment l'angle d'anti-lâcher des flancs des dents, permet d'assurer le
15 crabotage lorsqu'un couple est appliqué sur l'un des arbres de rotation à accoupler.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de pilotage d'un dispositif d'accouplement de deux crabots (6, 7) tournant autour d'un même axe (2) et formés chacun de dents (9, 10), les crabots (6, 7) étant susceptibles de s'engrener sous l'action d'un mécanisme (20, 22, 21) produisant un effort permettant le déplacement en translation
- 5 d'un des crabots (7), mobile par rapport à l'autre (6), la translation se faisant le long de l'axe de rotation (2) des crabots, caractérisé en ce que le procédé comporte au moins les phases suivantes :
- une première phase d'approche sans contact entre les crabots, où un effort maximum (U_{max}) est appliqué permettant la translation du crabot

10 mobile (7) ;

 - une deuxième phase où l'effort appliqué ($U_{anticip}$) est diminué (92) pour détecter la nature des contacts entre les dents (9, 10) des crabots parmi au moins les trois états suivants : pas de contact (81), contact favorisant le mouvement du crabot mobile (82) et contact s'opposant

15 au mouvement du crabot mobile (83) ;

 - une troisième phase où l'effort appliqué (U_{min} , U_{max}) est fonction de la nature des contacts.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la détection de la
- 20 nature des contacts se fait entre deux positions (θ_1 , θ_1') du crabot mobile (7) correspondant aux positions minimale et maximale du sommet (O) des dents (10) du crabot mobile en phase de contact avec les dents (9) du l'autre crabot (6).
- 25 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que si dans l'intervalle compris entre les deux positions (θ_1 , θ_1') il n'y a pas de contact (81), l'effort maximum (U_{max}) est de nouveau appliqué.
- 30 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que si dans l'intervalle compris entre les deux positions (θ_1 , θ_1') un contact est détecté, la position relative ($\Delta\theta_c$) est calculée, l'effort appliqué étant fonction de la position relative calculée.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que si la nature des contacts favorise le mouvement (82), l'effort maximum (U_{\max}) est à nouveau appliqué (95).
- 5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé si la nature du contact s'oppose au mouvement (83), l'effort appliqué est par ailleurs fonction de la vitesse relative ($\Delta\omega$) entre les crabots (6, 7).
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce dans le cas où la
10 vitesse relative en valeur absolue est inférieure à un seuil donné et la position relative $\Delta\theta_c$ des dents des crabots est proche de la position pointe de dent sur pointe de dent, vérifiant $\Delta\theta_c < \Delta\theta_{c_seuil1}$ ou $\Delta\theta_c > \Delta\theta_{c_seuil2}$, l'effort maximum (U_{\max}) est appliqué.
- 15 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que dans le cas où la vitesse relative en valeur absolue est supérieure à un seuil donné et la position relative $\Delta\theta_c$ des dents des crabots est éloignée de la position pointe de dent sur pointe de dent, vérifiant $\Delta\theta_c > \Delta\theta_{c_seuil1}$ ou $\Delta\theta_c < \Delta\theta_{c_seuil2}$, l'effort minimum (U_{\min}) est appliqué.
- 20 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que lorsque la position du crabot mobile (7) atteint la position maximale de contact (θ_1), l'effort maximum (U_{\max}) est appliqué jusqu'à une position (θ_2) où débute une phase de régulation de fin de course du crabot mobile (7).
- 25 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'effort appliqué est produit par un moteur (20) commandé en tension (U).

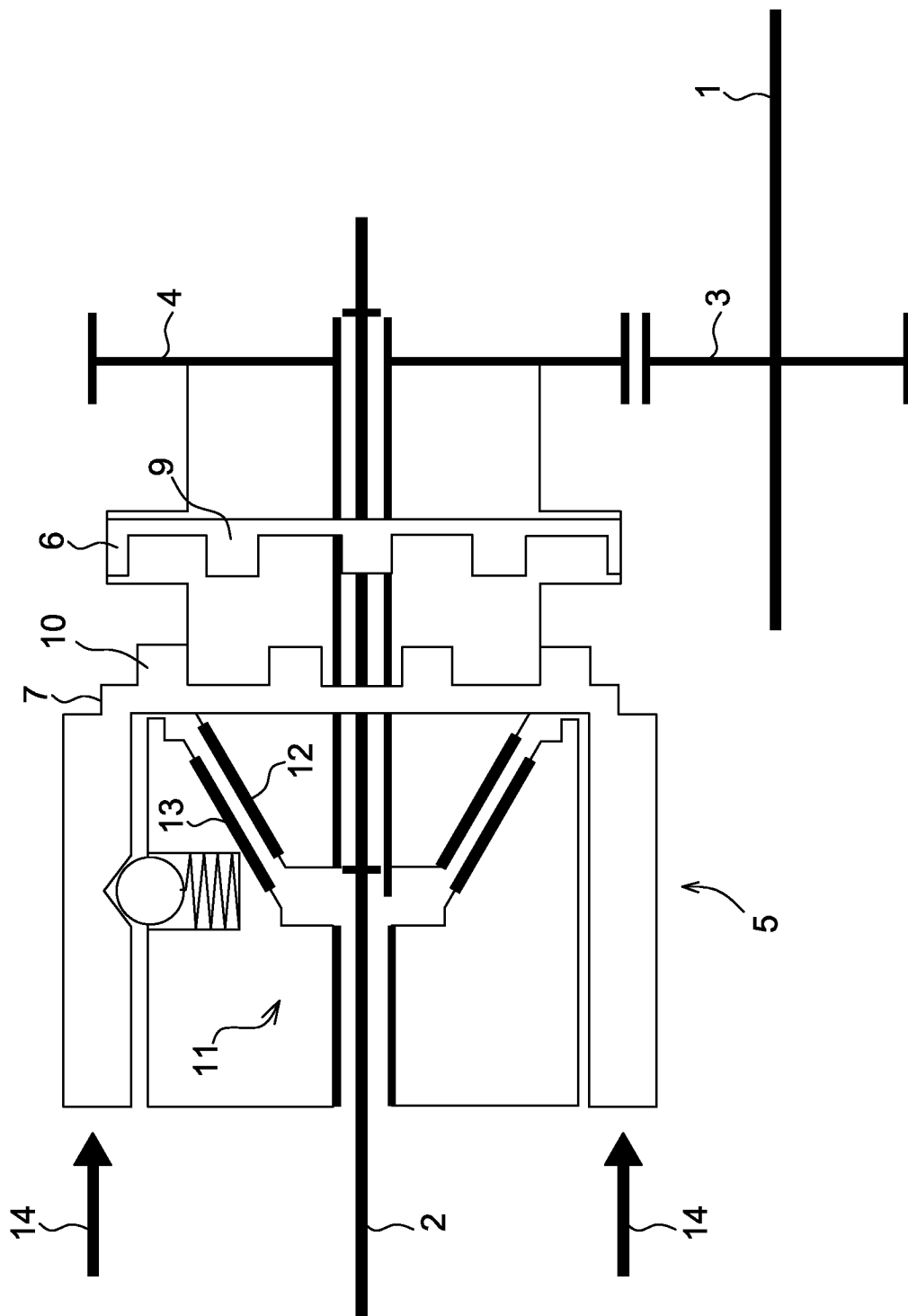


FIG.1

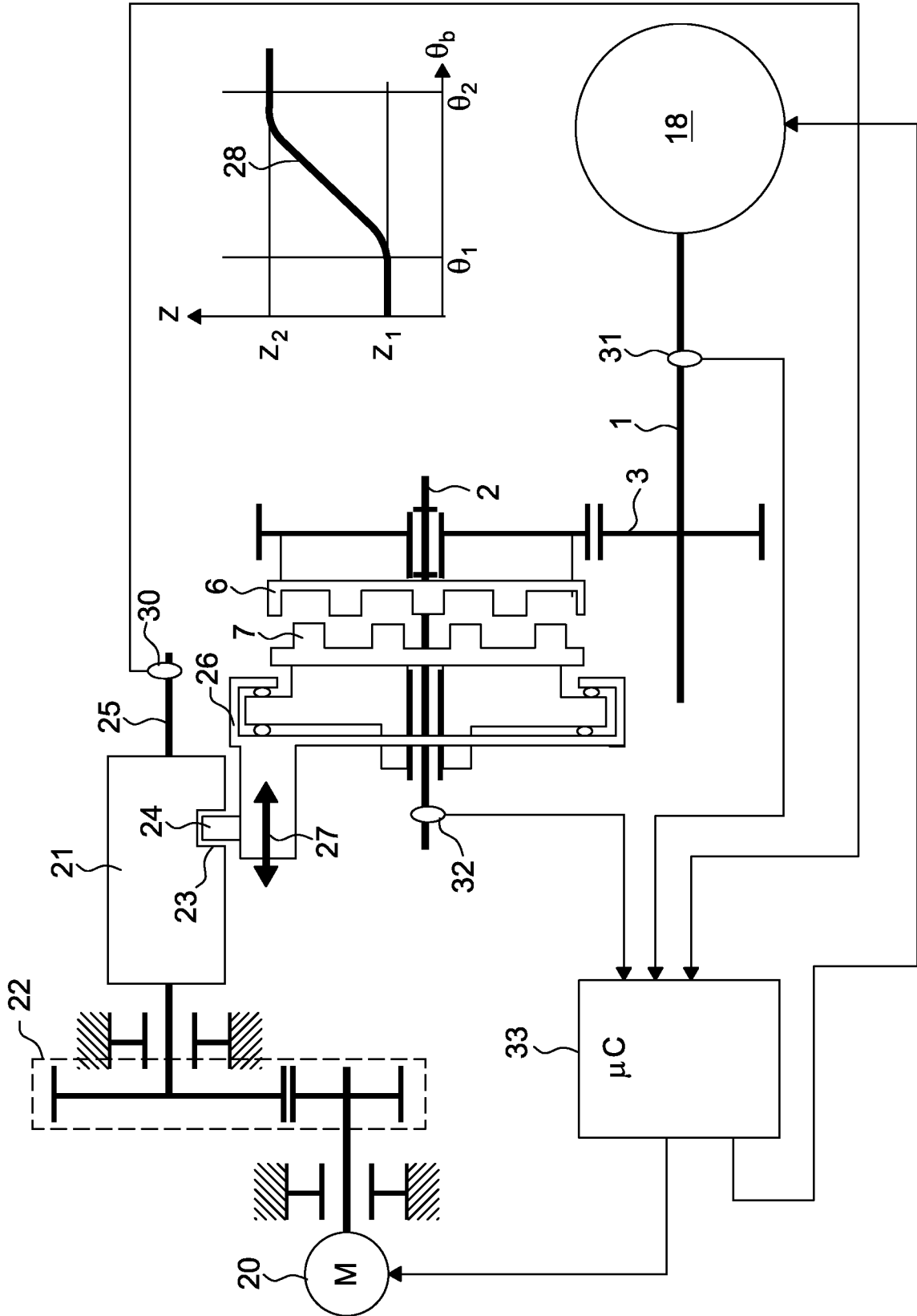


FIG.3

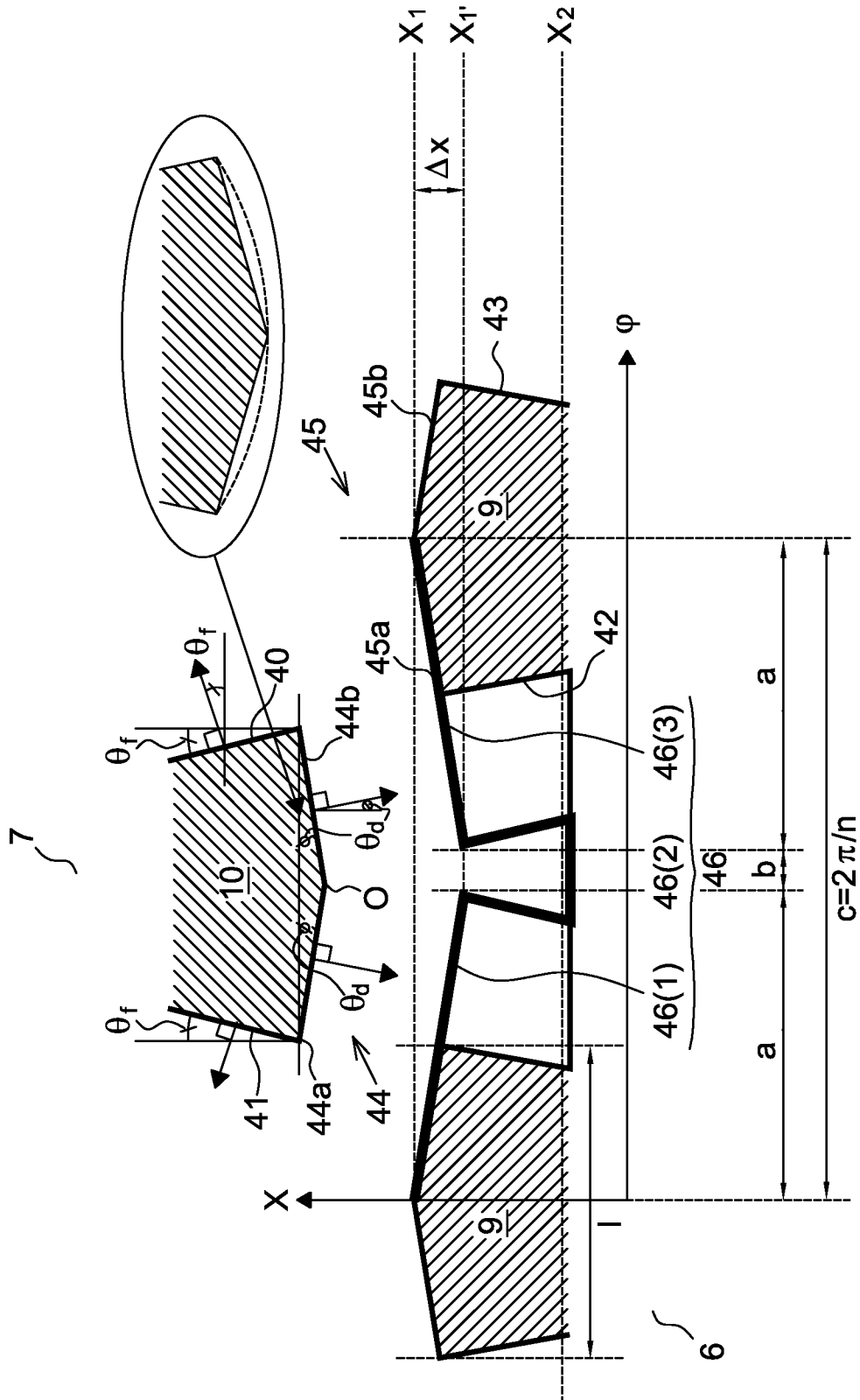


FIG.4

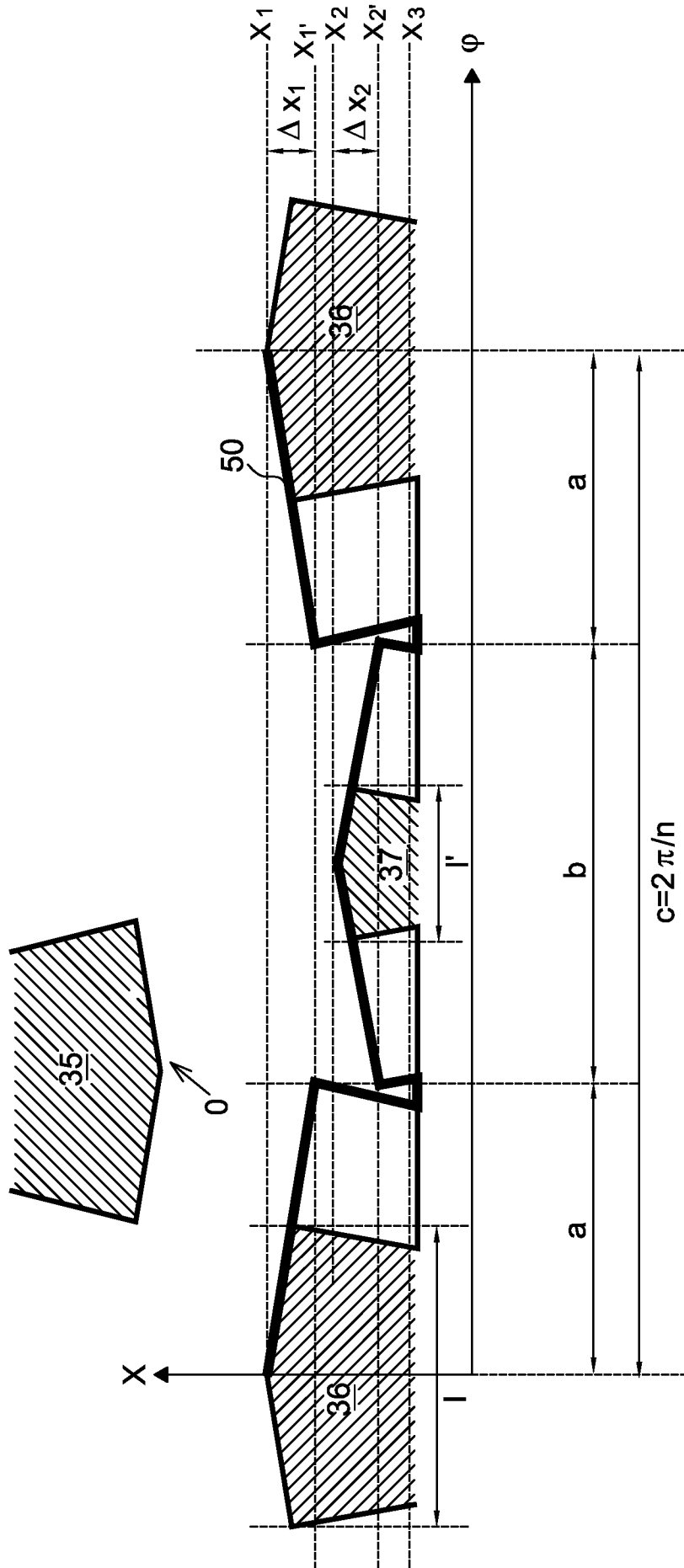


FIG.5

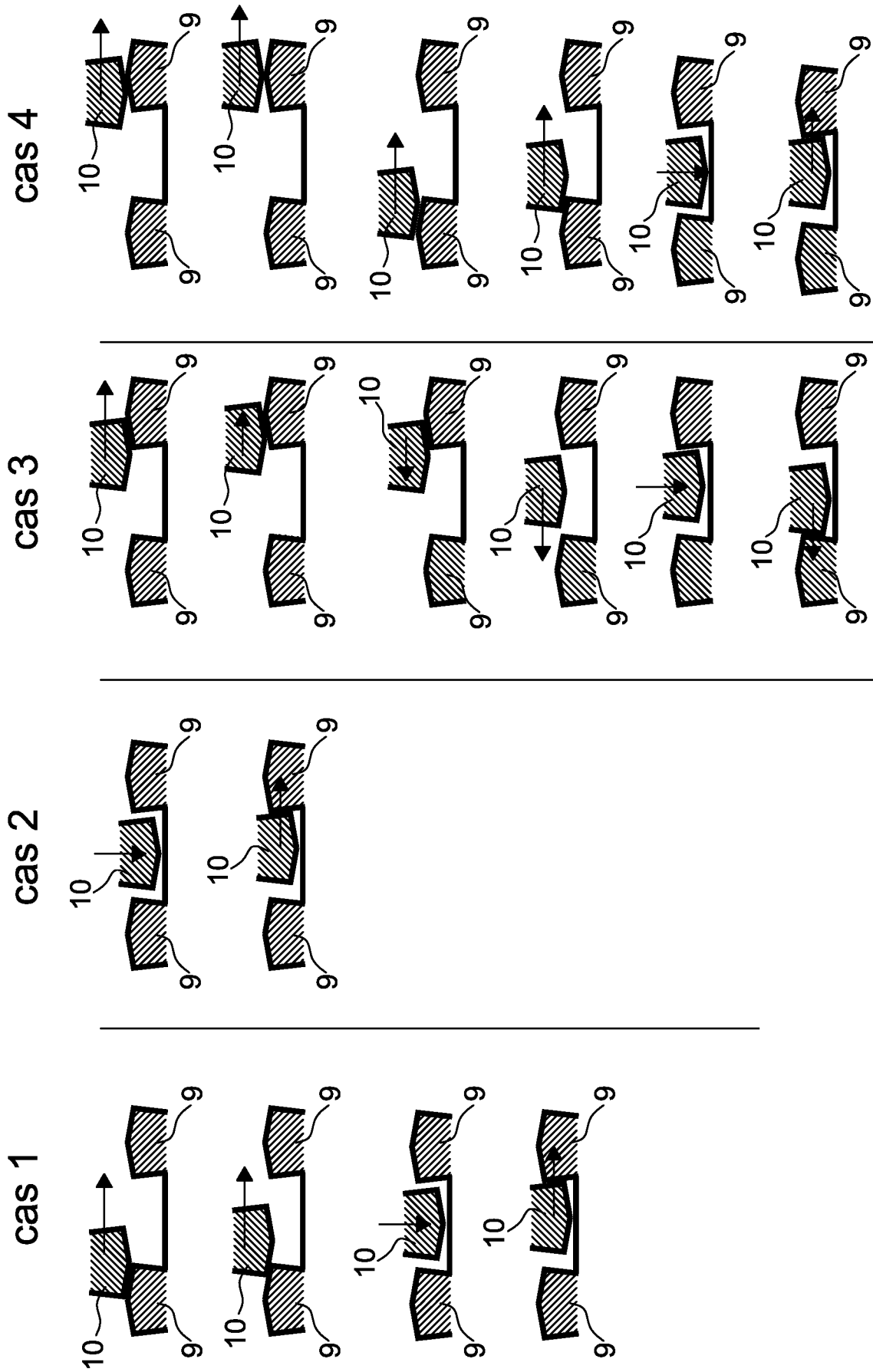


FIG.6

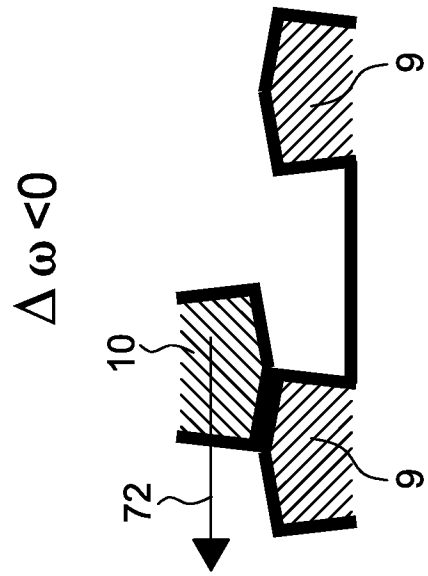
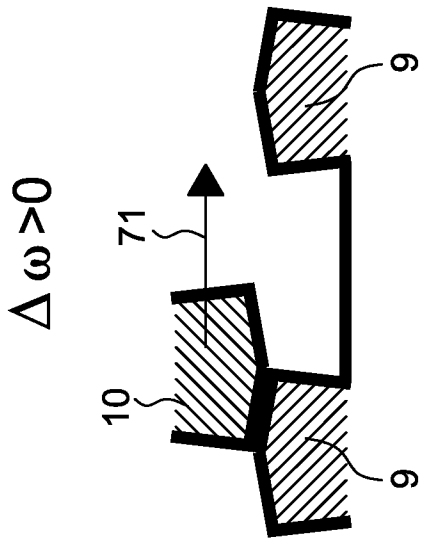
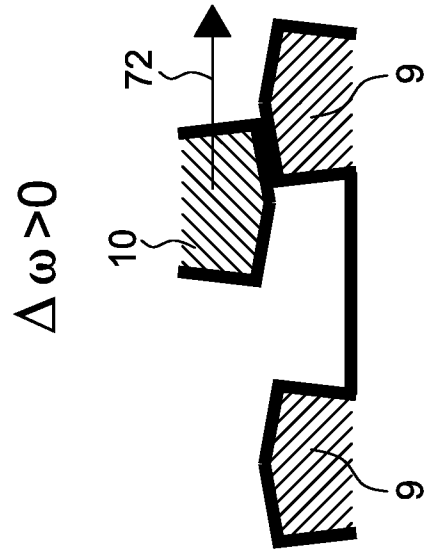
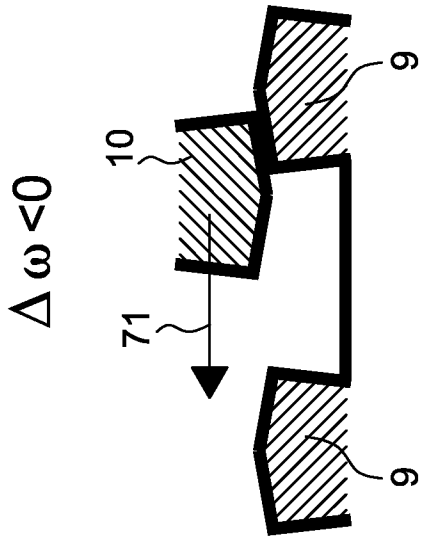


FIG.7a

FIG.7b

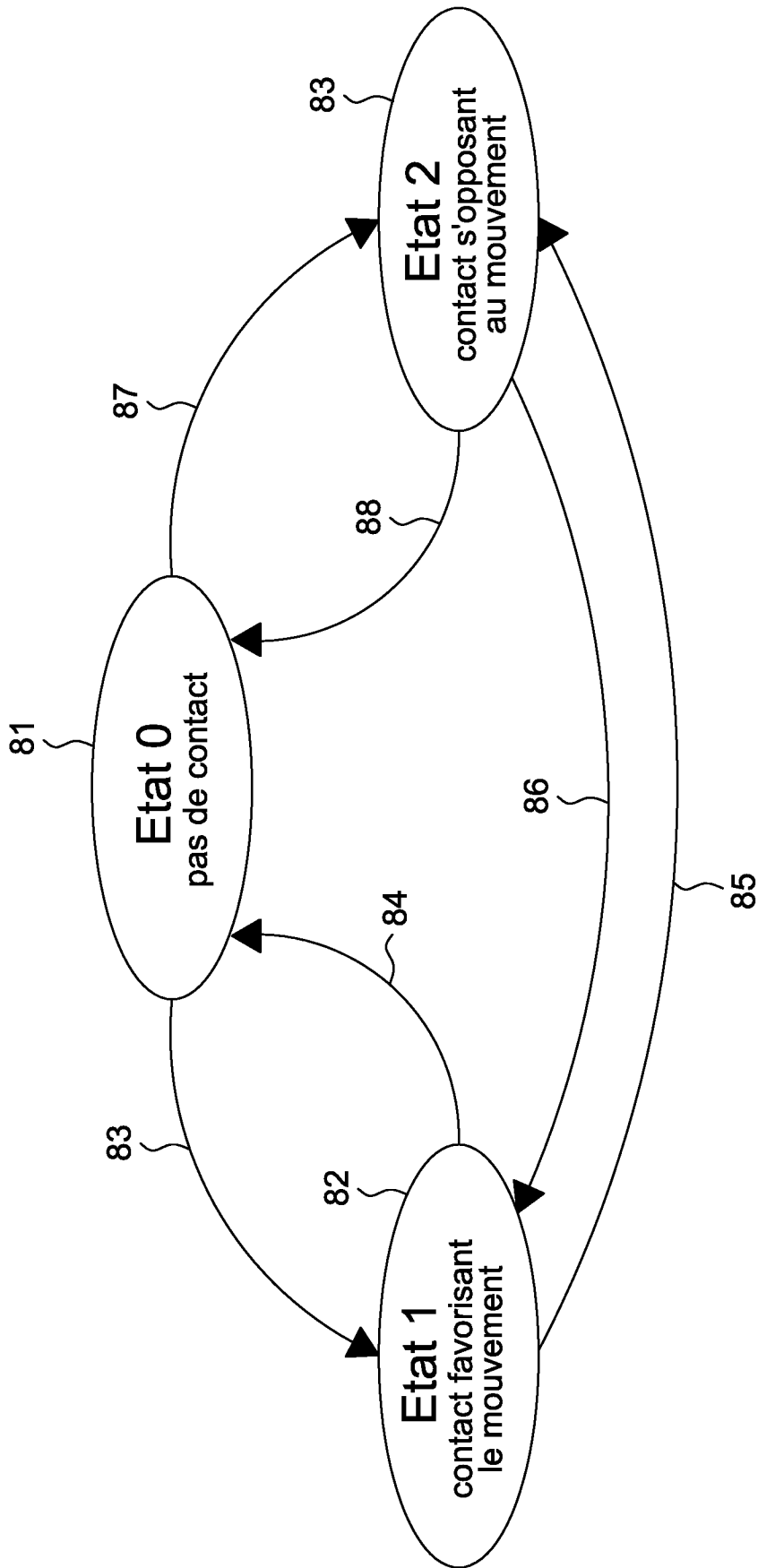


FIG.8

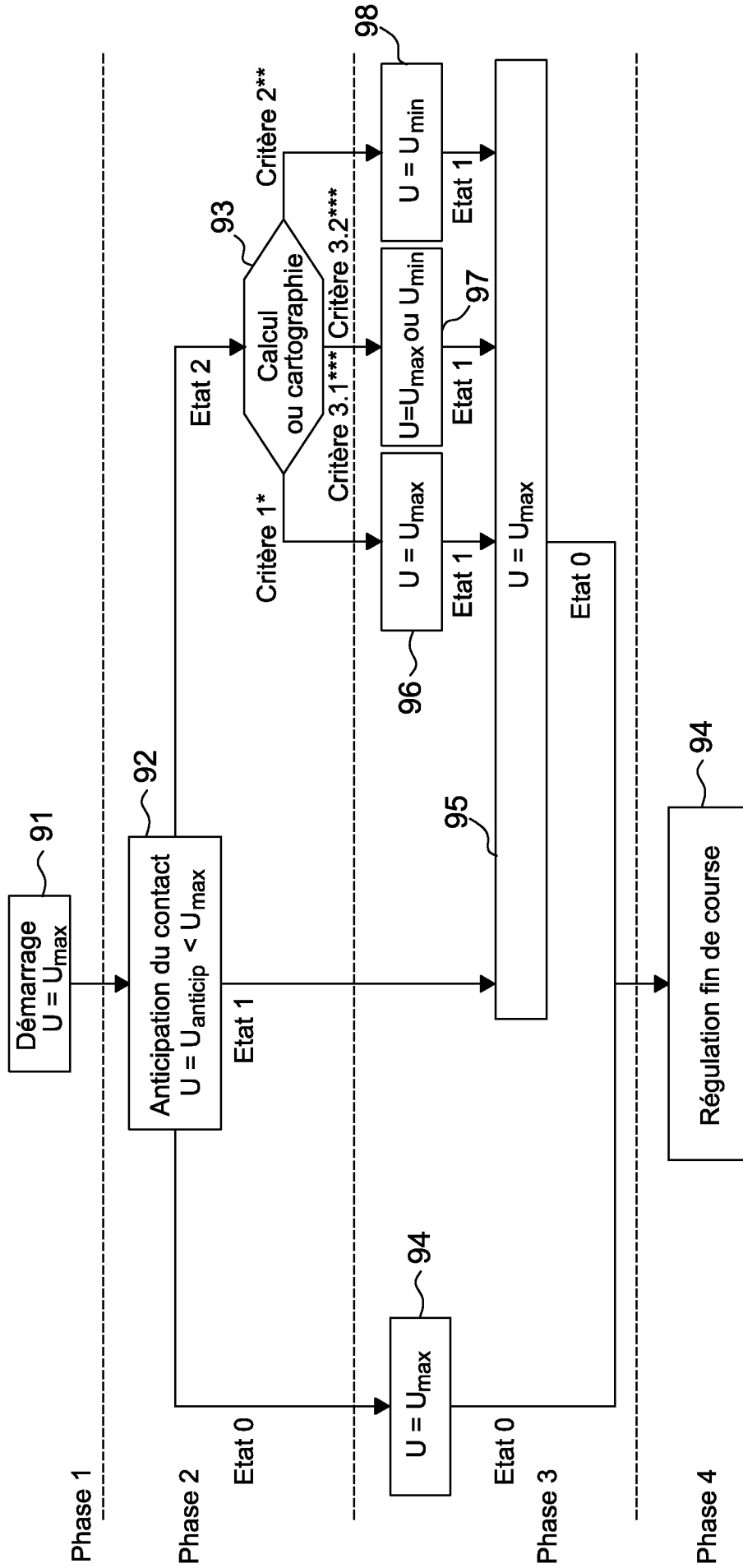
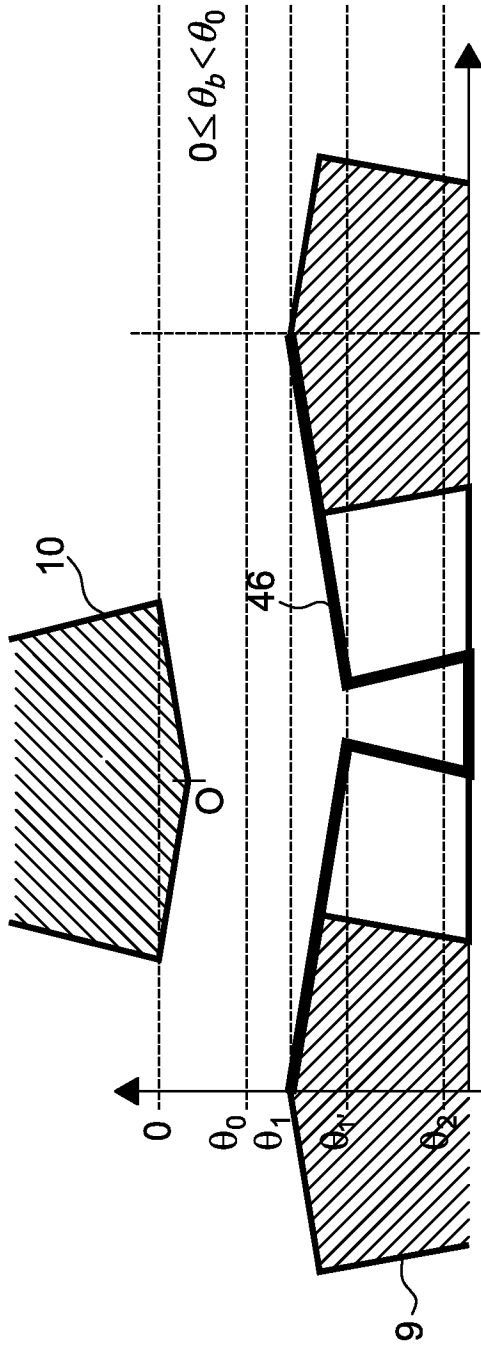


FIG.9

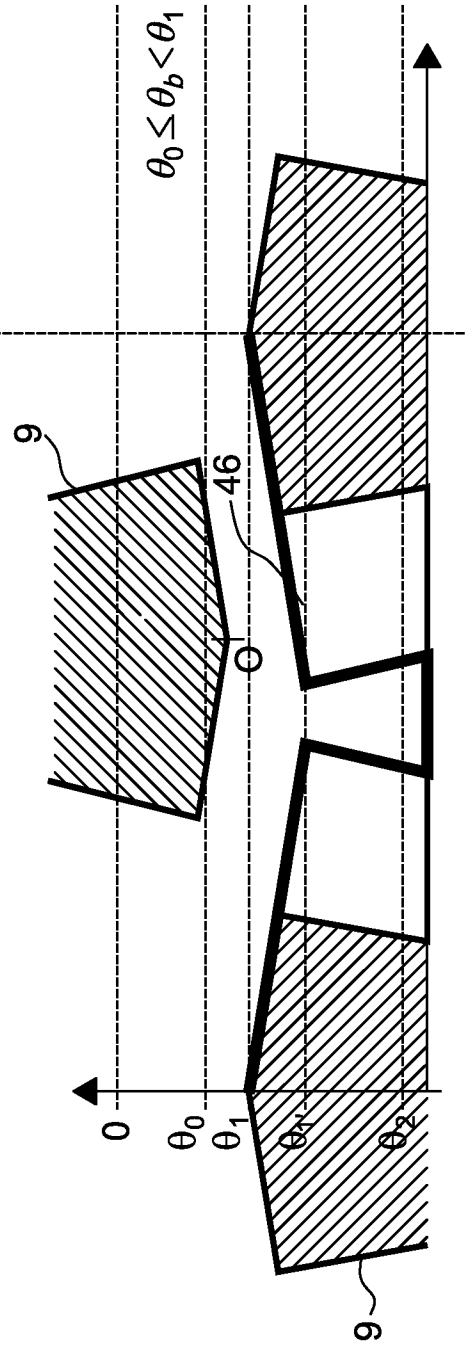
Algorithme de la commande

Commande



$$U = U_{\max}$$

FIG.10a



$$U = U_{\text{anticip}} < U_{\max}$$

FIG.10b

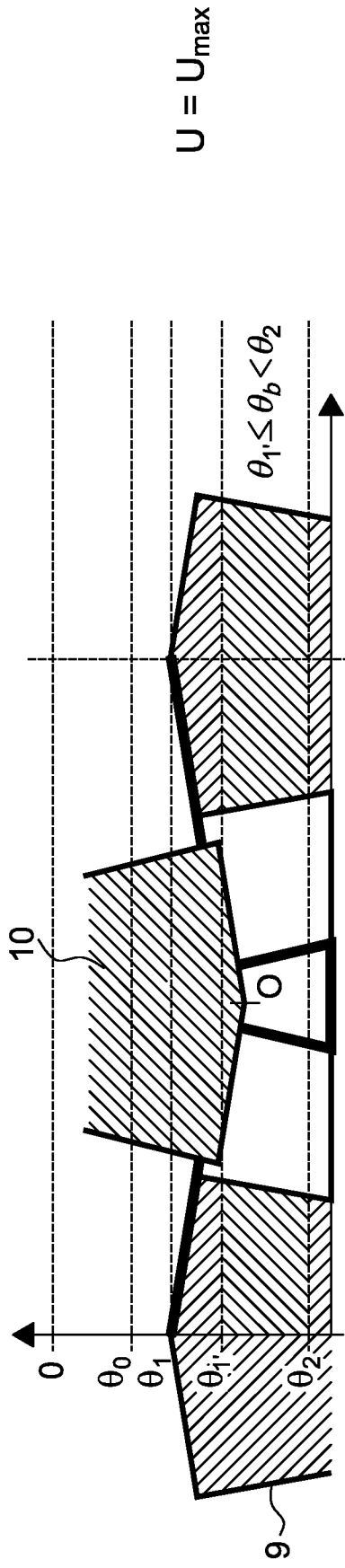


FIG. 11a

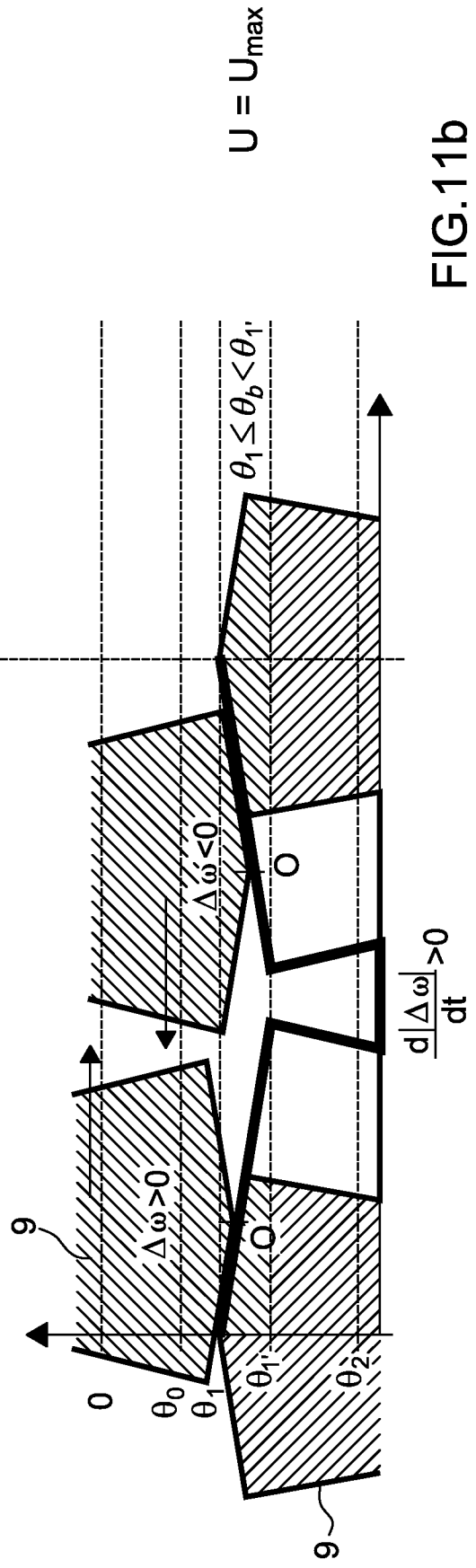


FIG. 11b

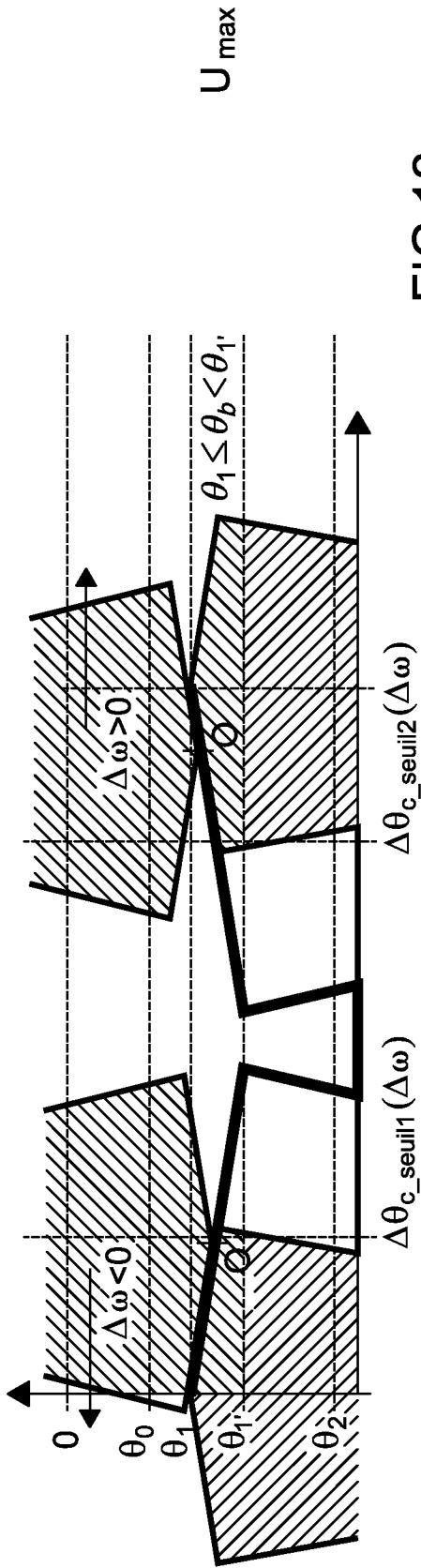


FIG.12a

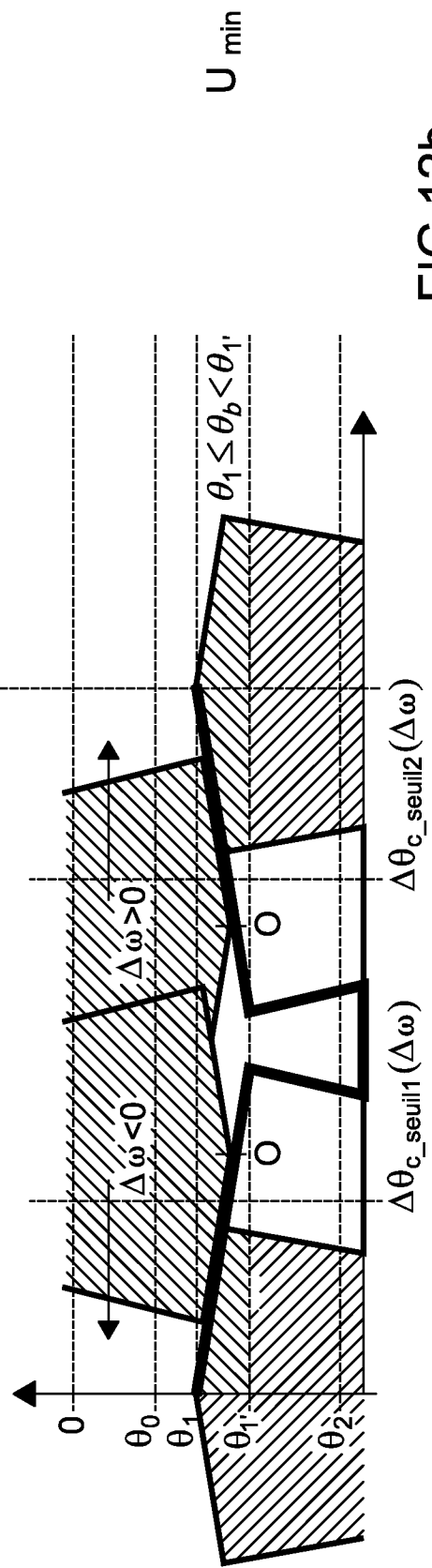


FIG.12b

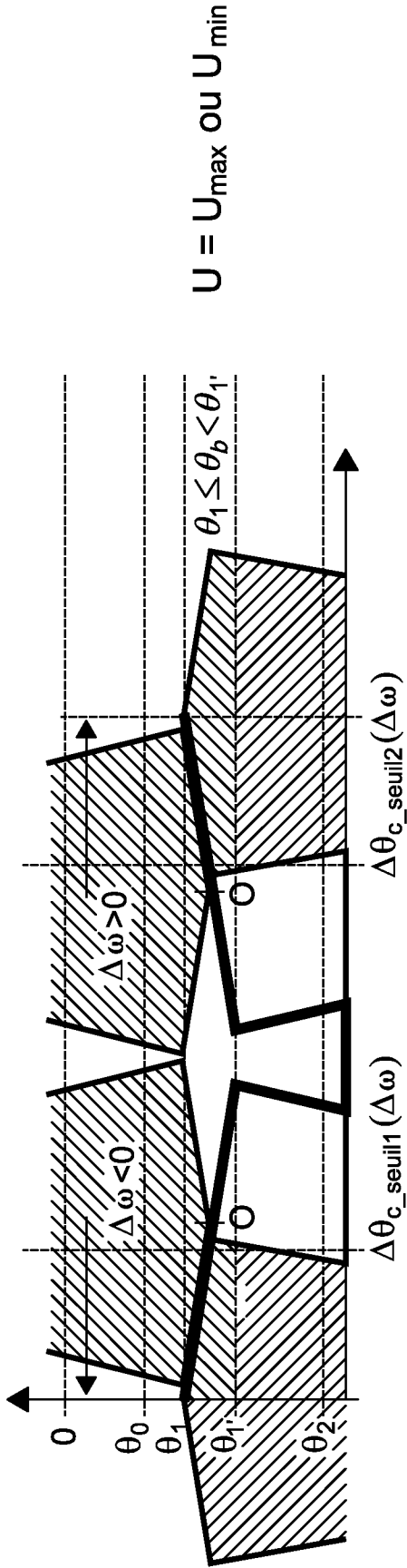


FIG.13a

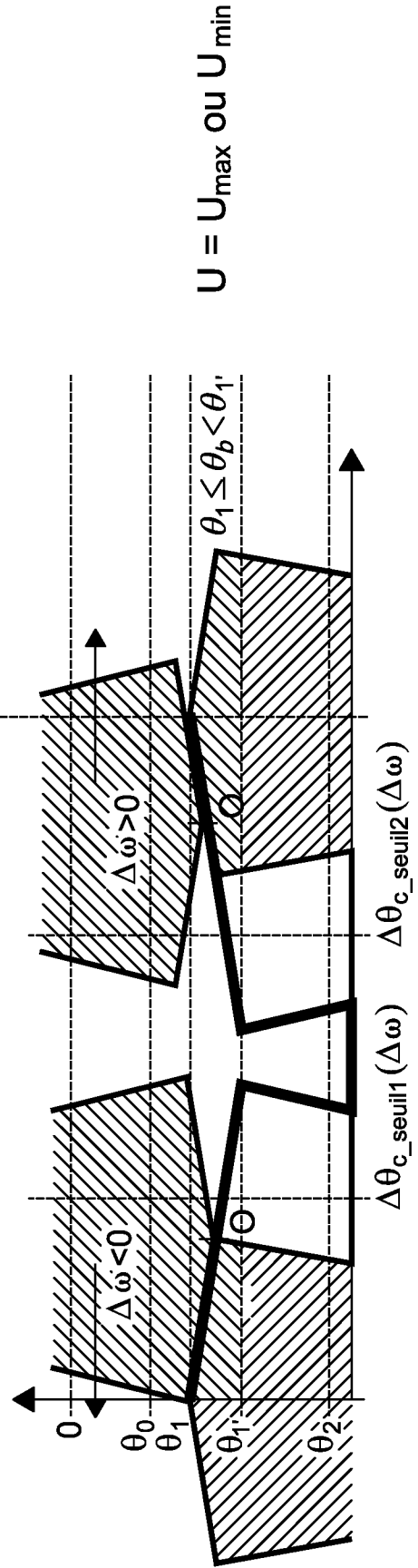


FIG.13b

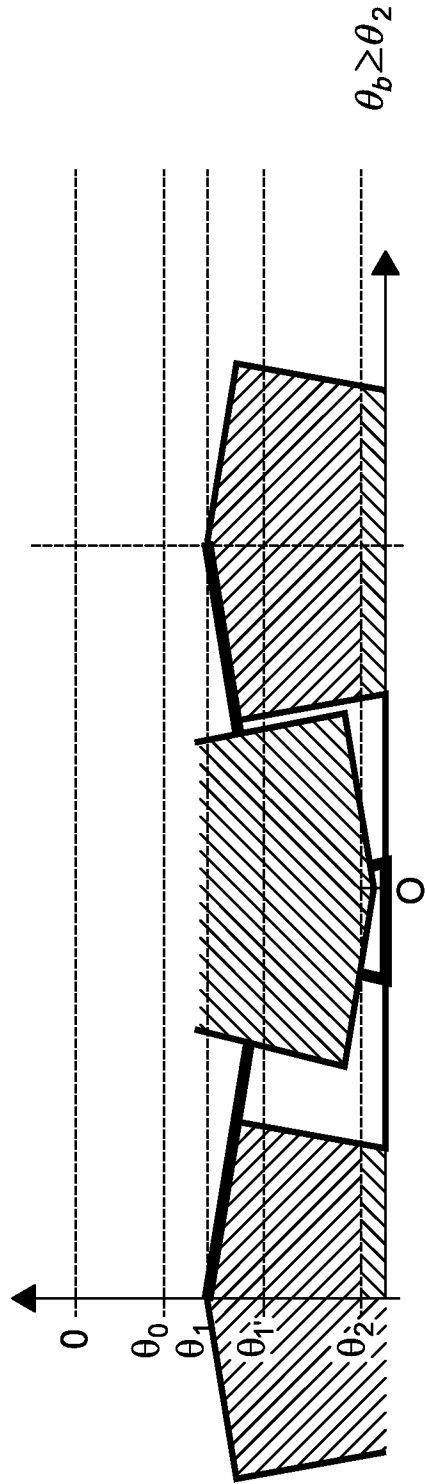


FIG.14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2007/051802

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16H61/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F16H B60K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A | EP 1 055 847 A (AISIN AI CO LTD [JP]) 29 November 2000 (2000-11-29) abstract; figures 1-5 paragraphs [0051] - [0054] ----- | 1-10 |
| A | US 5 997 435 A (BACK OTTMAR [DE]) 7 December 1999 (1999-12-07) the whole document ----- | 1-10 |
| A | DE 197 31 842 A1 (LUK GETRIEBE SYSTEME GMBH [DE]; DAIMLER BENZ AG [DE]) 29 January 1998 (1998-01-29) column 8, line 58 - column 10, line 37 column 15, lines 16-27 ----- | 1-10 |
| A | WO 2004/065825 A (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; GRILLENBERGER MARTIN [DE]; HAHN PETER [DE]) 5 August 2004 (2004-08-05) the whole document ----- | 1-10 |

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

- * Special categories of cited documents :
- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 - *E* earlier document but published on or after the international filing date
 - *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 - *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 - *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
 - *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 - *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 - *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
 - * & * document member of the same patent family

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search 29 janvier 2008 | Date of mailing of the international search report 06/02/2008 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Daieff, Bertrand |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

| |
|---------------------------------------------------|
| International application No PCT/FR2007/051802 |
|---------------------------------------------------|

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|----------------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| EP 1055847 | A | 29-11-2000 | JP 2000337487 A US 6276224 B1 |
| US 5997435 | A | 07-12-1999 | DE 19717042 A1 EP 0873902 A1 JP 3122943 B2 JP 10299878 A |
| DE 19731842 | A1 | 29-01-1998 | BR 9704075 A FR 2751715 A1 GB 2315526 A IT MI971764 A1 RU 2180716 C2 |
| WO 2004065825 | A | 05-08-2004 | DE 10302051 A1 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2007/051802

| A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F16H61/28 | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB | | |
| B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE | | |
| Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F16H B60K | | |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche | | |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | |
| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| A | EP 1 055 847 A (AISIN AI CO LTD [JP]) 29 novembre 2000 (2000-11-29) abrégé; figures 1-5 alinéas [0051] - [0054] | 1-10 |
| A | US 5 997 435 A (BACK OTTMAR [DE]) 7 décembre 1999 (1999-12-07) le document en entier | 1-10 |
| A | DE 197 31 842 A1 (LUK GETRIEBE SYSTEME GMBH [DE]; DAIMLER BENZ AG [DE]) 29 janvier 1998 (1998-01-29) colonne 8, ligne 58 - colonne 10, ligne 37 colonne 15, ligne 16-27 | 1-10 |
| A | WO 2004/065825 A (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; GRILLENBERGER MARTIN [DE]; HAHN PETER [DE]) 5 août 2004 (2004-08-05) le document en entier | 1-10 |
| <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe | | |
| * Catégories spéciales de documents cités: | | |
| *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée | *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier *&* document qui fait partie de la même famille de brevets | |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">29 janvier 2008</p> | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">06/02/2008</p> | |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | Fonctionnaire autorisé <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Daïeff, Bertrand</p> | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2007/051802

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| EP 1055847 | A | 29-11-2000 | JP 2000337487 A US 6276224 B1 | 05-12-2000 21-08-2001 |
| US 5997435 | A | 07-12-1999 | DE 19717042 A1 EP 0873902 A1 JP 3122943 B2 JP 10299878 A | 29-10-1998 28-10-1998 09-01-2001 13-11-1998 |
| DE 19731842 | A1 | 29-01-1998 | BR 9704075 A FR 2751715 A1 GB 2315526 A IT MI971764 A1 RU 2180716 C2 | 23-03-1999 30-01-1998 04-02-1998 25-01-1999 20-03-2002 |
| WO 2004065825 | A | 05-08-2004 | DE 10302051 A1 | 05-08-2004 |