

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 05.05.06.

30 Priorité :

71 Demandeur(s) : SDGI HOLDINGS, INC. — US.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 09.11.07 Bulletin 07/45.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

72 Inventeur(s) : MAXI PHILIPPE, PEULTIER BERTRAND, PATOOR ETIENNE et BENZINES TARAK.

73 Titulaire(s) :

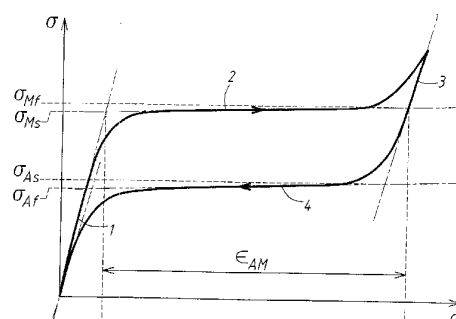
74 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

54 PROCÉDE DE REALISATION D'UNE CONNEXION ENTRE AU MOINS DEUX PIÉCES UTILISANT UNE PIÉCE DE SERRAGE, PIÉCE DE SERRAGE ET SYSTÈME DE CONNEXION LA COMPRENANT.

57 Procédé de réalisation d'une connexion entre deux pièces. On bloque lesdites pièces l'une contre l'autre au moyen d'au moins une pièce de serrage. Ladite pièce de serrage est réalisée en un alliage métallique à mémoire de forme superélastique dont la courbe contrainte générée (σ) = f (déformation imposée (ϵ)) présente un plateau en charge et en décharge (2, 4) tel que le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en charge σ_{Ms} est ≤ 10 , le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en décharge σ_{Af} est ≤ 10 , et la longueur du plateau ϵ_{AM} est $\geq 3\%$, et la déformation ϵ imposée à la pièce de serrage induit une contrainte générée σ correspondant audit plateau.

Pièce de serrage réalisée en un tel alliage métallique à mémoire de forme.

Système de connexion entre deux pièces comportant au moins une pièce de serrage du type précédent.



L'invention concerne le domaine de la mécanique, et plus précisément celui des méthodes de réalisation d'une connexion entre deux pièces ou davantage.

Il est classique, en mécanique, de réaliser une connexion entre deux
5 pièces ou davantage au moyen d'une pièce supplémentaire que l'on appellera « pièce de serrage » dans la suite de la description. Cette pièce est, par exemple, une vis, une bague, une agrafe ou une cale, qui maintient les pièces à connecter les unes contre les autres. On bloque ainsi tout ou partie des degrés de liberté des pièces les unes par rapport aux autres. Ce blocage est obtenu par le
10 frottement de la pièce de serrage sur la ou les pièces avec lesquelles elle est en contact.

Le frottement entre deux pièces est caractérisé par une valeur limite de glissement qui est fonction de l'effort de serrage appliqué. De la même manière, le blocage est caractérisé par une valeur limite de résistance qui est
15 fonction de l'effort de serrage appliqué.

Dans certains cas, il est souhaitable de calibrer la valeur de résistance limite du blocage. Comme le frottement est une valeur intrinsèque à l'assemblage, il n'est possible, à cet effet, que de calibrer l'effort de serrage appliqué.

20 On connaît divers modes de calibration de cette valeur limite de la résistance d'un degré de liberté, par exemple :

- un système vis écrou monté avec un couple de vissage contrôlé ;
- un système utilisant un cône ou une cale inclinée, monté avec un positionnement longitudinal contrôlé ;
- 25 - un système utilisant une came ou une bielle-manivelle, montée avec un angle de rotation contrôlé.

Ces méthodes fonctionnent toutes à déplacement imposé ; donc l'effort de serrage généré par la rigidité du montage est fonction de la position des pièces les unes par rapport aux autres.

30 La valeur de cet effort de serrage, ainsi que sa précision, dépendent directement de la rigidité du montage : plus la rigidité diminue, plus la précision

augmente, mais aussi plus la valeur de l'effort de serrage diminue. On peut parfois concilier un effort relativement élevé et une rigidité relativement faible en utilisant une pièce intermédiaire telle qu'un ressort, présentant une faible rigidité. Mais en général, il est difficile de réaliser un assemblage de conception simple
5 ayant une résistance limite élevée sans avoir un système de serrage contrôlé précisément.

Dans le domaine des dispositifs mécaniques destinés à être implantés dans le corps humain ou animal lors d'un acte chirurgical, ces contraintes sont souvent difficiles à respecter. Le chirurgien ne dispose pas toujours des
10 instruments adéquats et du temps qui lui seraient nécessaires pour contrôler très précisément l'intensité des efforts de serrage à imposer aux différentes pièces.

Le but de l'invention est de proposer un procédé de connexion de deux pièces ou davantage, utilisant une pièce de serrage, permettant d'imposer un effort de serrage d'une valeur précise sans pour autant exiger un contrôle très
15 précis du placement de la pièce de serrage. Ce procédé serait utilisable notamment, mais pas exclusivement, dans un dispositif implantable à usage médical ou vétérinaire.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de réalisation d'une connexion entre au moins deux pièces, selon lequel on bloque lesdites pièces l'une contre l'autre au moyen d'au moins une pièce de serrage exerçant une pression sur au moins l'une desdites pièces, caractérisé en ce que ladite pièce de serrage est réalisée en un alliage métallique à mémoire de forme superélastique dont la courbe contrainte générée (σ) = f (déformation imposée (ε)) présente un plateau en charge et en décharge tel que le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en charge σ_{Ms} est inférieur ou égal à 10, le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en décharge σ_{Af} est inférieur ou égal à 10, et la longueur du plateau ε_{AM} est supérieure ou égale à 3%, et en ce que la déformation ε imposée à la pièce de serrage lorsque les pièces sont connectées induit une contrainte générée σ correspondant audit plateau, créant une force de serrage calibrée.

Ladite pièce de serrage peut présenter une différence entre σ_{Ms} et σ_{Af} inférieure ou égale à 300MPa et se trouver sur le plateau de décharge lorsque la connexion est réalisée.

L'invention a également pour objet une pièce de serrage pour la réalisation d'une connexion entre au moins deux pièces, sur au moins une desquelles ladite pièce de serrage exerce une pression, caractérisée en ce qu'elle est réalisée en un alliage métallique à mémoire de forme superélastique dont la courbe contrainte générée (σ) = f (déformation imposée (ε)) présente un plateau en charge et en décharge tel que le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en charge σ_{Ms} est inférieur ou égal à 10, le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en décharge σ_{Af} est inférieur ou égal à 10, et la longueur du plateau ε_{AM} est supérieure ou égale à 3%, et en ce que la déformation ε imposée à la pièce de serrage lorsque les pièces sont connectées induit une contrainte générée σ correspondant audit plateau et une force de serrage calibrée.

La différence entre σ_{Ms} et σ_{Af} est, de préférence, inférieure ou égale à 300MPa.

La pièce de serrage peut être en un alliage Ni – Ti contenant 55,6% $\pm$ 0,4% en poids de nickel ayant été soumis à un traitement thermique de génération de plaquettes de martensite par maintien entre 480 et 520°C pendant 5 à 60 minutes.

L'invention a également pour objet un système de connexion entre au moins deux pièces, du type comportant au moins une pièce de serrage exerçant une pression sur au moins l'une desdites pièces, caractérisé en ce que ladite pièce de serrage est du type précédent.

5 L'une des pièces à connecter peut comporter une cupule fendue de forme correspondant à celle d'une extrémité de l'autre des pièces à connecter que reçoit ladite cupule, et ladite pièce de serrage est alors une bague enserrant ladite cupule fendue.

10 Ladite cupule fendue peut être sphérique et l'extrémité de l'autre des pièces à connecter reçue dans la cupule est alors une rotule.

Ladite cupule fendue peut être cylindrique et l'extrémité de l'autre des pièces à connecter reçue dans la cupule est alors cylindrique.

L'une des pièces à connecter peut comporter au moins une patte et au moins une bague enserre ladite patte et l'autre des pièces à connecter.

- 5 L'une des pièces à connecter peut comporter une perforation conique de forme correspondant à celle de la pièce de serrage, ladite pièce de serrage étant pourvue d'une perforation où est insérée l'autre des pièces à connecter.

Ladite pièce de serrage peut être une cale interposée entre lesdites pièces à connecter.

- 10 Ladite cale peut être en forme de coin.

Ladite cale peut être en forme de came.

L'une des pièces à connecter peut comporter une fourche à deux branches entre lesquelles repose l'autre des pièces à connecter, et la pièce de serrage exerce une action sur lesdites branches tendant à les rapprocher.

- 15 Ladite pièce de serrage peut alors être en forme de cavalier.

Ladite pièce de serrage peut aussi être de forme annulaire.

Ladite pièce de serrage peut être une cale pressée contre une première des pièces à connecter par une vis insérée dans un trou taraudé ménagé dans une deuxième des pièces à connecter, celle-ci comportant un orifice où est insérée ladite première pièce.

- 20

La pièce de serrage peut être une agrafe en U entre les branches de laquelle sont serrées l'une contre l'autre deux pattes appartenant chacune à une des pièces à connecter.

Lesdites au moins deux pièces peuvent faire partie d'un dispositif implantable à usage médical ou vétérinaire.

- 25

Comme on l'aura compris, l'invention repose sur l'utilisation, pour constituer la pièce de serrage du dispositif implantable, d'un alliage à mémoire de forme (AMF) du type présentant des propriétés de superélasticité telles que la courbe $\sigma = f(\varepsilon)$ (contrainte = f (déformation)) présente un plateau, c'est-à-dire une plage de valeurs de la déformation pour lesquelles la contrainte correspondant à ces déformations est pratiquement constante.

- 30

De cette façon, si on utilise pour la connexion de deux pièces, ou
davantage, une pièce de serrage à laquelle son positionnement impose une
déformation, l'effort que la pièce de serrage exerce sur les pièces à connecter est
quasiment indépendant de cette déformation, donc quasiment indépendant du
5 positionnement précis de la pièce de serrage, pourvu que l'on se situe dans la
zone du plateau de la courbe $\sigma = f(\epsilon)$.

On obtient ainsi un effort de serrage précis sans que cela nécessite un
contrôle très strict du positionnement de la pièce de serrage.

Cela s'avère particulièrement important notamment dans le domaine
10 des dispositifs que l'on implante dans le corps humain ou animal lors d'un acte
chirurgical, où un positionnement précis de la pièce de serrage est difficile à
réaliser lors de la connexion et/ou à rectifier lors de l'utilisation des pièces
connectées en cas de léger déplacement ou de légère déformation de la pièce de
serrage. Au cours de la pose de ces implants (par exemple d'implants inclus
15 dans des dispositifs d'ostéosynthèse de la colonne vertébrale), il est difficile pour
le chirurgien de contrôler avec précision l'intensité des efforts de serrage qu'il doit
imposer aux différentes pièces de l'implant, à la fois par manque de matériel
adéquat à cet effet et par manque de temps.

L'utilisation du procédé de l'invention permet d'obtenir l'effort de
20 serrage désiré de manière garantie, rien qu'en dimensionnant correctement la
pièce de serrage et en la positionnant sans précautions particulières. La rapidité
et la fiabilité du montage s'en trouvent donc grandement accrues.

Comme l'alliage se déforme de façon réversible, pour desserrer la
connexion lorsque c'est nécessaire, il suffit d'imposer à la pièce de serrage un
25 effort inverse d'intensité supérieure à l'effort de serrage. La pièce de serrage
reprend alors sa forme initiale.

De manière générale, la capacité de la pièce de serrage à subir un
déplacement significatif sans pour autant que l'effort de serrage qu'elle génère
soit modifié permet d'obtenir des montages de relativement faible rigidité, donc
30 précis, et pourtant générant des efforts de serrage élevés. Concilier ces qualités
n'était pas à ce point accessible avec les systèmes classiques comportant des

pièces de serrage, utilisant soit des matériaux traditionnels, soit des AMF dont la courbe $\sigma = f(\varepsilon)$ ne présente pas de plateau tel qu'on l'a défini.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée en référence aux figures annexées suivantes :

- 5 - la figure 1 qui montre à titre de référence un exemple de courbe $\sigma = f(\varepsilon)$ d'un AMF du type le plus habituel ;
- la figure 2 qui montre un exemple de courbe $\sigma = f(\varepsilon)$ d'un AMF à utiliser dans le cadre de l'invention ;
- les figures 3 à 14 qui montrent schématiquement des exemples de
- 10 connexions dans lesquelles on peut utiliser des pièces de serrage conformément à l'invention.

La figure 1 montre l'allure de la courbe de traction $\sigma = f(\varepsilon)$ d'une éprouvette d'un AMF présentant un comportement superélastique du type le plus habituel, initialement dans le domaine austénitique, et à une température

15 supérieure à la température M_s de l'alliage à laquelle la transformation martensitique est possible.

Si on impose une déformation ε croissante au cours de l'essai de traction et si on mesure la contrainte σ correspondante :

- pour une contrainte allant de 0 à σ_{M_s} (partie 1 de la courbe) : le
- 20 comportement de l'éprouvette est élastique car la structure est purement austénitique ;
- entre σ_{M_s} et une contrainte σ_{M_f} (partie 2 de la courbe), on observe un changement du comportement de l'éprouvette, qui n'est plus le comportement élastique linéaire classique ; cela provient du fait que la transformation
- 25 martensitique a commencé ; la courbe $\sigma = f(\varepsilon)$ présente dans cette partie 2 une pente beaucoup plus faible que dans la partie 1, traduisant une rigidité beaucoup plus faible du matériau ;
- au-dessus de σ_{M_f} (partie 3 de la courbe), l'éprouvette retrouve un comportement élastique linéaire classique qui est celui de la martensite, la
- 30 transformation martensitique ayant été achevée à la déformation correspondant à la contrainte σ_{M_f} .

Si on poursuit l'essai de traction par une décharge en relâchant progressivement la contrainte, on observe une courbe dont l'allure générale est analogue à celle de la charge, mais avec une hystérésis puisque les contraintes de début de transformation inverse σ_{As} et de fin de transformation inverse σ_{Af} sont inférieures respectivement à σ_{Mf} et σ_{Ms} (partie 4 de la courbe).

La différence $E\sigma = \sigma_{Mf} - \sigma_{Ms}$ est appelée « étalement de la transformation ». L'hystérésis de la transformation est défini par $H_\sigma = \sigma_{Ms} - \sigma_{Af}$.

La figure 2 représente l'allure de la courbe de traction $\sigma = f(\epsilon)$ d'une éprouvette d'un AMF utilisable dans le cadre de l'invention, présentant un comportement superélastique particulier, à une température supérieure à M_s .

Par rapport à la courbe de la figure 1, on note que les pentes des parties 2 et 4 de la courbe correspondant à la transformation sont sensiblement plus faibles, et $E\sigma = \sigma_{Mf} - \sigma_{Ms}$ et $H_\sigma = \sigma_{Ms} - \sigma_{Af}$ ont également des valeurs plus faibles. On peut dire que la courbe $\sigma = f(\epsilon)$ présente des plateaux, aussi bien en charge qu'en décharge. La longueur du plateau $\epsilon_{AM} = \sigma_{Mf} - \sigma_{As}$ est supérieure, et la rigidité de transformation $K = E_\sigma / \epsilon_{AM}$ est plus faible que dans le cas de la figure 1.

L'intérêt des AMF superélastiques utilisables dans le cadre de l'invention est d'avoir une faible rigidité, mais en même temps un effort élevé, lorsqu'ils sont mis en œuvre dans les zones des plateaux 2, 4. L'effort est quantifié par la hauteur du plateau 2, 4, donc par la contrainte critique σ_c . Celle-ci est:

- comprise entre σ_{Ms} et σ_{Mf} lorsqu'on travaille en charge (plateau 2) ;
- comprise entre σ_{Af} et σ_{As} lorsqu'on travaille en décharge (plateau 4).

Le faible écart entre σ_{Ms} et σ_{Mf} d'une part, entre σ_{Af} et σ_{As} d'autre part, fait que l'effort de serrage peut être établi avec une très bonne précision.

La rigidité est quantifiée par le rapport $K = E_\sigma / \epsilon_{AM} = (\sigma_{Mf} - \sigma_{Ms}) / (\sigma_{Mf} - \sigma_{As})$. Elle est identique en charge et en décharge.

Les AMF superélastiques utilisables dans le cadre de l'invention doivent avoir :

- un rapport entre la rigidité et la contrainte critique faible, ce qui concrètement se traduit par $K/\sigma_c \leq 10$, soit :

* en charge $K/\sigma_{Ms} \leq 10$;

* en décharge $K/\sigma_{Af} \leq 10$;

5 - et un plateau 2, 4 suffisamment long pour que les erreurs et approximations dans le positionnement de la pièce de serrage puissent être aisément compensées, ce qui concrètement se traduit par $\varepsilon_{AM} \geq 3\%$.

De préférence, si on travaille sur le plateau de décharge 4, il est préférable que l'ampleur de l'hystérésis soit réduite, de façon à limiter les efforts
10 de montage de la pièce de serrage. Concrètement, cela se traduit par $H_\sigma \leq 300\text{MPa}$.

Dans la pratique, la différence ε_{AM} entre les déplacements (déformations) correspondant à σ_{Mf} et σ_{As} est souvent de l'ordre de 5%. Cela veut dire que pour des AMF utilisables dans le cadre de l'invention, auxquels on
15 impose une déformation ε correspondant à l'un des plateaux 2, 4 (en charge ou en décharge), une différence de quelques % dans la déformation imposée à la pièce de serrage ne se traduira que par une faible variation de la contrainte de serrage imposée par ladite pièce ; Le positionnement exact de la pièce de serrage dans l'assemblage qu'elle forme avec les pièces à connecter est donc
20 beaucoup moins critique que dans le cas où on utilise des pièces de serrage en un matériau conventionnel, ou même que dans le cas où on utilise des pièces de serrage en un AMF à comportement superélastique mais dont la courbe $\sigma = f(\varepsilon)$ ne présente pas de « plateau » tel que précédemment défini.

On notera que la courbe $\sigma = f(\varepsilon)$ et, en particulier, la présence, la
25 rigidité et la longueur des plateaux, dépend non seulement de la composition de l'alliage, mais également des caractéristiques mécaniques et cristallines du matériau : faible taille de grain ou matériau monocristallin, présence de précipités, taux d'écrouissage, traitements thermiques subis. De manière apparemment paradoxale, un matériau peut être convenable soit lorsqu'il est
30 formé de nombreux petits grains, soit lorsqu'il est monocristallin, mais des états intermédiaires ne sont généralement pas souhaitables.

Un exemple non limitatif d'un tel matériau est décrit notamment dans le document EP-A-0 864 664. Il s'agit d'un alliage de nickel et de titane comprenant $55,6\% \pm 0,4\%$ en poids de nickel qui a subi des traitements thermiques ou thermomécaniques qui lui ont conféré la structure métallurgique
5 désirée. En particulier, il a subi un traitement thermique de génération de plaquettes de martensite consistant à soumettre la pièce à une température de 480 à 520°C pendant 5 à 60 minutes. Préalablement à ce traitement, on peut aussi prévoir un recuit flash à 600-800°C pendant 10 à 30 secondes, et/ou un recuit de recristallisation à 700-800°C pendant plus de 2 minutes, et/ou un
10 écrouissage entre 15 et 18%. On pourra se reporter au texte de ce document pour plus de détails. Du fer, du cuivre ou du vanadium peuvent être partiellement substitués au nickel.

De manière générale, le matériau utilisable pour constituer la pièce de serrage de l'invention doit présenter le comportement superélastique tel que
15 décrit à la température d'assemblage des pièces à connecter et à leur température d'utilisation. Pour les applications médicales, le matériau doit être biocompatible.

On va à présent décrire des exemples non limitatifs de connexions dans lesquels une pièce de serrage conforme à l'invention peut être
20 avantageusement utilisée.

La figure 3 représente un système dit « à rotule bloquée », où une première pièce 5 se termine par une rotule 6 reçue dans une cupule fendue sphérique 7 ménagée à l'extrémité d'une deuxième pièce 8 (représentée en coupe longitudinale). La fente de la cupule 7 n'est pas visible sur la figure 3. Une
25 bague 9 selon l'invention enserre la cupule 7 et y bloque la rotule 6. La bague 9 travaille donc en traction.

La figure 4 représente un système dit « à pivot glissant bloqué ». Une première pièce 10 de section circulaire est insérée dans une cupule fendue cylindrique 11 ménagée à l'extrémité d'une deuxième pièce 12 (représentée en
30 coupe longitudinale). Une bague 13 selon l'invention enserre la cupule 11 et y bloque la tige 10. La bague 13 travaille donc en traction.

De manière générale, au vu des deux exemples qui précèdent, on peut réaliser une connexion entre deux pièces selon l'invention en enserrant dans une bague telle que décrite une cupule fendue de forme quelconque, ménagée à l'extrémité d'une pièce, la forme de la cupule correspondant à celle
5 d'une extrémité de l'autre pièce.

La figure 5 représente un système dit « fixation serrage ». Une première pièce 14, représentée en coupe longitudinale, comporte à son extrémité deux pattes 15, 16 contre lesquelles on désire maintenir un axe 17. A cet effet, deux bagues 18, 19 selon l'invention, représentées en coupe longitudinale,
10 enserrent chacune une des pattes 15, 16 et l'axe 17. Les bagues 18, 19 travaillent en traction. Bien entendu, un tel mode de connexion peut être adapté à d'autres pièces qu'un axe 17 de section circulaire. On pourrait aussi n'utiliser qu'une seule bague 18, 19 et une seule patte 15, 16.

La figure 6 représente un autre système de fixation sur axe. Une
15 première pièce 20, représentée en coupe longitudinale, comporte une perforation conique 21, dans laquelle est insérée à force une pièce de serrage conique 22 selon l'invention. Cette pièce de serrage 22 est elle-même pourvue d'une perforation cylindrique 23 dans laquelle est inséré un axe 24 à bloquer dans la première pièce 20. Les efforts exercés par la première pièce 20 sur la pièce de
20 serrage 22 sont transmis par celle-ci à l'axe 24 qui est ainsi bloqué. La pièce de serrage 22 travaille en compression. Là encore ce mode de connexion peut être adapté à d'autres pièces qu'un axe 24 de section circulaire.

La figure 7 représente un système à connexion par une cale sollicitée en flexion. Les deux pièces à connecter sont une première pièce 25 en forme de
25 C et une tige 26 placée dans une rainure 27 de la première pièce 25, à l'opposé des branches du C. Une pièce de serrage en forme de coin rainurée 28 selon l'invention comble l'espace disponible à l'intérieur du C entre la tige 26 et les branches du C, de manière à être sollicitée en flexion par les branches du C dont les faces intérieures sont conformées en accord avec la face supérieure de la
30 pièce de serrage 28.

La figure 8 représente un système à connexion par une cale sollicitée en compression. Une première pièce 29 en forme de U est connectée à une

deuxième pièce 30 de section rectangulaire. L'espace disponible à l'intérieur du U entre les deux pièces 29, 30 est comblé par une pièce de serrage 31 selon l'invention en forme de coin qui pousse la deuxième pièce 30 contre une branche de la première pièce 29. La pièce de serrage 31 travaille ici en compression.

5 La figure 9 représente un système comparable à celui de la Figure 8 où la cale en forme de coin est remplacée par une came 32 présentant une section partiellement circulaire et partiellement elliptique. Elle est logée dans une rainure à section en arc de cercle 33 ménagée sur une première branche du U formé par la première pièce à connecter 34. Après avoir inséré la deuxième pièce
10 à connecter 35 à l'intérieur du U, on fait tourner la came 32 de façon à ce que sa partie de section elliptique 36 vienne au contact de la deuxième pièce 35 et la pousse contre la seconde branche du U de la première pièce 34. La came 32 travaille ainsi en compression.

La figure 10 représente un système dit « à serrage fourche » où la
15 première pièce 37 est une fourche à deux branches entre lesquelles repose une tige 38. Le serrage est obtenu par une pièce de serrage 39 selon l'invention en forme de cavalier dont l'espace intérieur est conformé de manière à tendre à rapprocher les deux branches de la première pièce 37 pour leur faire serrer la tige 38. La pièce de serrage 39 travaille en flexion.

20 La figure 11 représente une variante du système de la figure 10, dans laquelle la pièce de serrage 40 selon l'invention est une pièce annulaire dont l'orifice 41, de section rectangulaire dans l'exemple représenté, est conformé pour enserrer les branches de la première pièce 42 et leur faire serrer la tige 43. La pièce annulaire 40 est ici placée au-dessus de la tige 43 et travaille en
25 traction.

La figure 12 représente une variante du système de la figure 11, dans laquelle la pièce de serrage 44 selon l'invention, toujours de forme annulaire avec un orifice rectangulaire, est placée en dessous de la tige 45 à connecter à la première pièce 46 en forme de fourche, dont les branches sont conformées pour
30 emprisonner la tige 45 sous l'effet de la pièce de serrage 44, qui travaille également en traction.

La figure 13 représente un système de serrage à vis. La première pièce 47, vue en section, présente d'une part un orifice 48 dans lequel doit être bloquée une tige 49 au moyen d'une vis 50 insérée dans un trou taraudé 51 de la première pièce 47 débouchant dans l'orifice 48. Un logement 51 est prévu dans la première pièce 47 de manière à permettre d'intercaler une pièce de serrage 52 selon l'invention, constituée par une cale que la vis 50 comprime contre la tige 49. Par rapport à une configuration classique où la vis 50 appuierait directement sur la tige 49, la configuration selon l'invention permet de régler précisément l'effort subi par la tige 49, sans qu'il soit nécessaire de surveiller et de limiter très soigneusement la progression de la vis 50 dans le trou taraudé 51.

La figure 14 représente un système de serrage à agrafe où deux pièces 53, 54 munies chacune d'une partie 55, 56 sont connectées par une agrafe 57 en forme de U travaillant en flexion, les deux pattes 55, 56 étant serrées l'une contre l'autre entre les branches du U.

Ces systèmes de connexion peuvent trouver des applications dans des domaines divers, en particulier dans le domaine des dispositifs implantables dans le corps humain ou animal avec les avantages que l'on a cités. Par exemple, ceux qui mettent en jeu une tige ou un axe sont utilisables pour maintenir une tige d'un dispositif d'ostéosynthèse rachidienne à l'intérieur d'un élément d'ancrage osseux (vis, crochet) implanté sur une vertèbre.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'une connexion entre au moins deux pièces, selon lequel on bloque lesdites pièces l'une contre l'autre au moyen d'au moins une pièce de serrage exerçant une pression sur au moins l'une desdites pièces, caractérisé en ce qu'on utilise une pièce de serrage réalisée en un alliage métallique à mémoire de forme superélastique dont la courbe contrainte générée (σ) = f (déformation imposée (ε)) présente un plateau en charge et en décharge (2, 4) tel que le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en charge σ_{Ms} est inférieur ou égal à 10, le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en décharge σ_{Af} est inférieur ou égal à 10, et la longueur du plateau ε_{AM} est supérieure ou égale à 3%, et en ce qu'on impose une déformation ε à la pièce de serrage lorsque les pièces sont connectées, de manière à induire une contrainte générée σ correspondant audit plateau, créant une force de serrage calibrée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise une pièce de serrage présentant une différence entre σ_{Ms} et σ_{Af} inférieure ou égale à 300MPa et en ce qu'on la place sur le plateau de décharge (4) lorsque la connexion est réalisée.
3. Pièce de serrage pour la réalisation d'une connexion entre au moins deux pièces, sur au moins une desquelles ladite pièce de serrage exerce une pression, caractérisée en ce qu'elle est réalisée en un alliage métallique à mémoire de forme superélastique dont la courbe contrainte générée (σ) = f (déformation imposée (ε)) présente un plateau en charge et en décharge (2, 4) tel que le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en charge σ_{Ms} est inférieur ou égal à 10, le rapport entre la rigidité K et la contrainte critique en décharge σ_{Af} est inférieur ou égal à 10, et la longueur du plateau ε_{AM} est supérieure ou égale à 3%, et en ce que la déformation ε imposée à la pièce de serrage lorsque les pièces sont connectées induit une contrainte générée σ correspondant audit plateau, et une force de serrage calibrée.
4. Pièce de serrage selon la revendication 3, caractérisée en ce que sa différence entre σ_{Ms} et σ_{Af} est inférieure ou égale à 300MPa.

5. Pièce de serrage selon la revendication 3 ou 4, caractérisée en ce qu'elle est en un alliage Ni – Ti contenant $55,6\% \pm 0,4\%$ en poids de nickel, ayant été soumis à un traitement thermique de génération de plaquettes de martensite par maintien entre 480 et 520°C pendant 5 à 60 minutes.

6. Système de connexion entre au moins deux pièces, du type comportant au moins une pièce de serrage exerçant une pression sur au moins l'une desdites pièces, caractérisé en ce que ladite pièce de serrage est du type selon l'une des revendications 3 à 5.

5 7. Système de connexion selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'une (8, 12) des pièces à connecter comporte une cupule fendue (7, 11) de forme correspondant à celle d'une extrémité de l'autre (5, 10) des pièces à connecter que reçoit ladite cupule, et en ce que ladite pièce de serrage (9, 13) est une bague (9, 13) enserrant ladite cupule fendue (7, 11).

10 8. Système de connexion selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite cupule fendue (7) est sphérique et en ce que l'extrémité de l'autre (5) des pièces à connecter reçue dans la cupule (7) est une rotule (6).

15 9. Système de connexion selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite cupule fendue (11) est cylindrique et en ce que l'extrémité de l'autre (10) des pièces à connecter reçue dans la cupule (11) est cylindrique.

10. Système de connexion selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'une (14) des pièces à connecter comporte au moins une patte (15, 16) et en ce que au moins une bague (18, 19) enserre ladite patte (15, 16) et l'autre (17) des pièces à connecter.

20 11. Système de connexion selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'une (20) des pièces à connecter comporte une perforation conique (21) de forme correspondant à celle de la pièce de serrage (22), ladite pièce de serrage (22) étant pourvue d'une perforation (23) où est insérée l'autre (24) des pièces à connecter.

25 12. Système de connexion selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite pièce de serrage est une cale (28, 31, 32) interposée entre lesdites pièces à connecter (25, 26, 29, 30, 34, 35).

13. Système de connexion selon la revendication 12, caractérisé en ce que ladite cale (28, 31) est en forme de coin.

14. Système de connexion selon la revendication 12, caractérisé en ce que ladite cale (32) est en forme de came.

5 15. Système de connexion selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'une (37, 42, 46) des pièces à connecter comporte une fourche à deux branches entre lesquelles repose l'autre (38, 43, 45) des pièces à connecter, et en ce que la pièce de serrage (39, 40, 44) exerce une action sur lesdites branches tendant à les rapprocher.

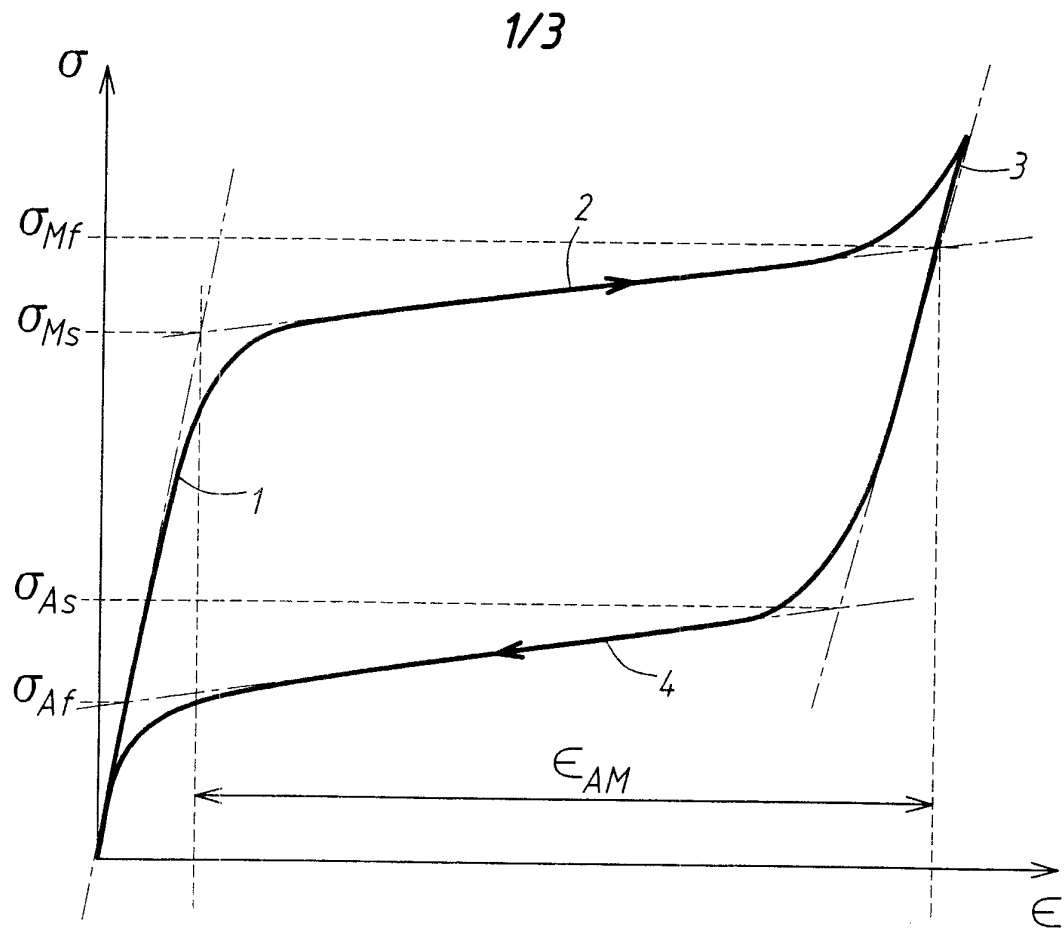
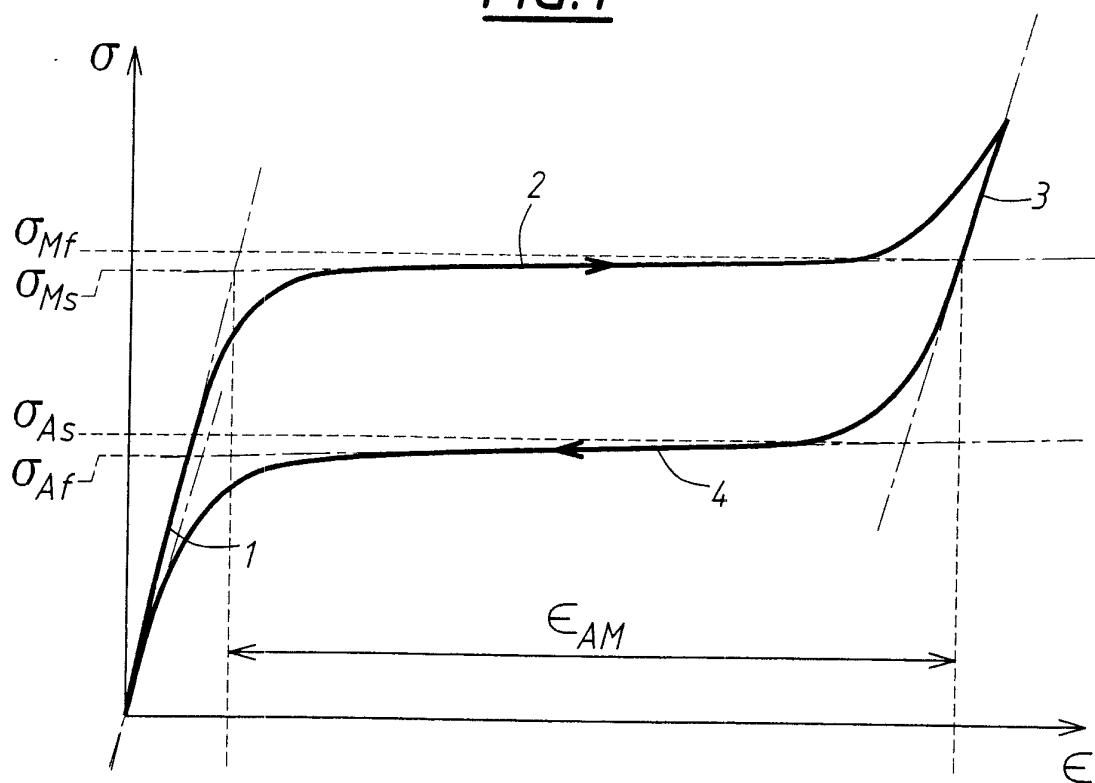
10 16. Système de connexion selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite pièce de serrage (39) est en forme de cavalier.

17. Système de connexion selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite pièce de serrage (40, 44) est de forme annulaire.

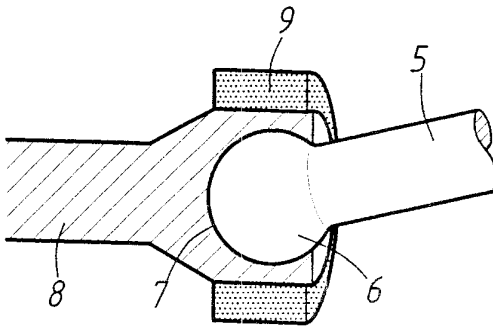
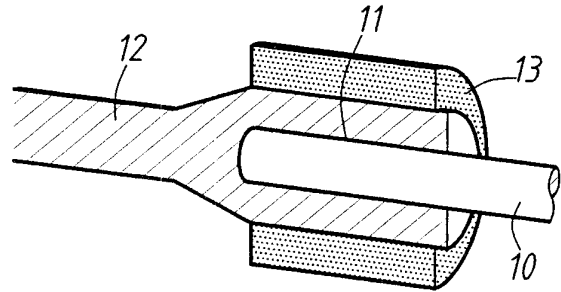
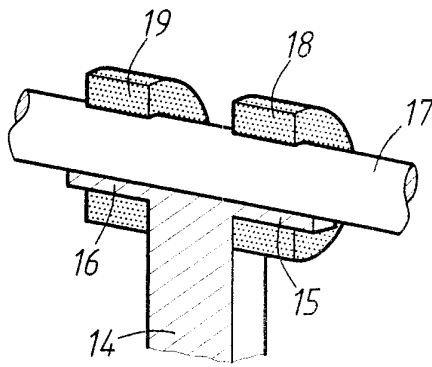
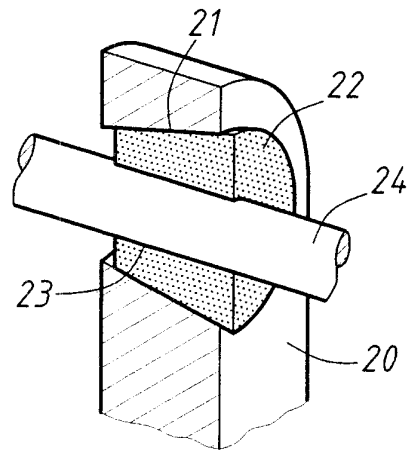
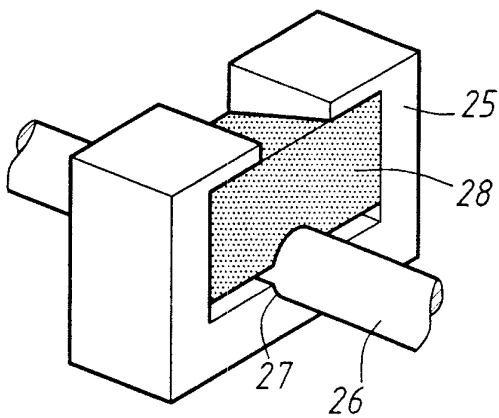
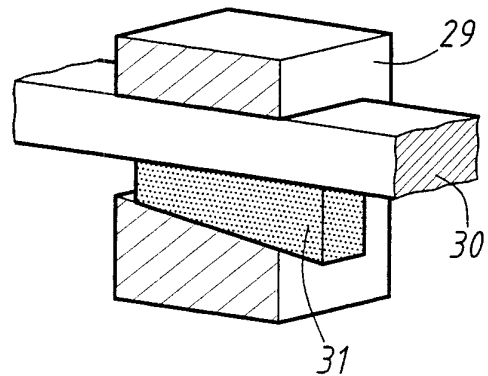
15 18. Système de connexion selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite pièce de serrage est une cale (52) pressée contre une première (49) des pièces à connecter par une vis (50) insérée dans un trou taraudé (51) ménagé dans une deuxième (47) des pièces à connecter, celle-ci comportant un orifice (48) où est insérée ladite première pièce (49).

20 19. Système de connexion selon la revendication 6, caractérisé en ce que la pièce de serrage est une agrafe en U (57) entre les branches de laquelle sont serrées l'une contre l'autre deux pattes (55, 56) appartenant chacune à une des pièces (53, 54) à connecter.

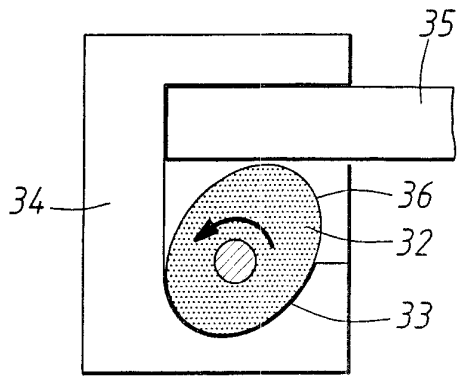
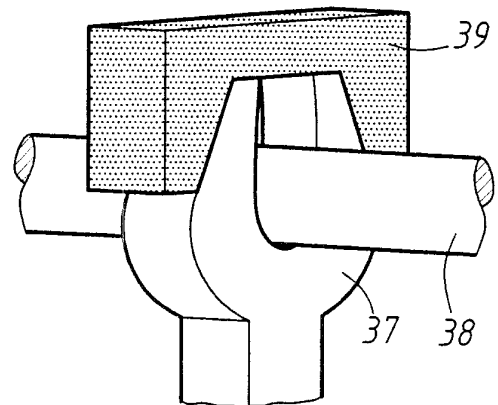
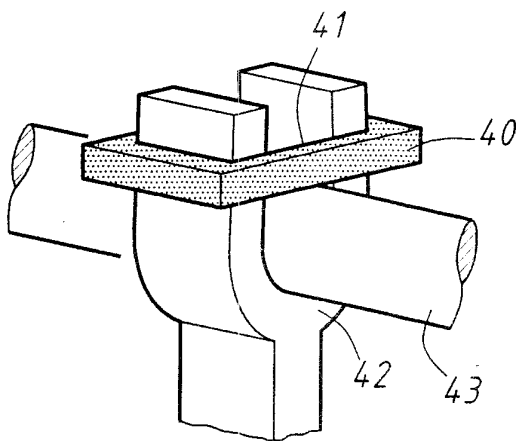
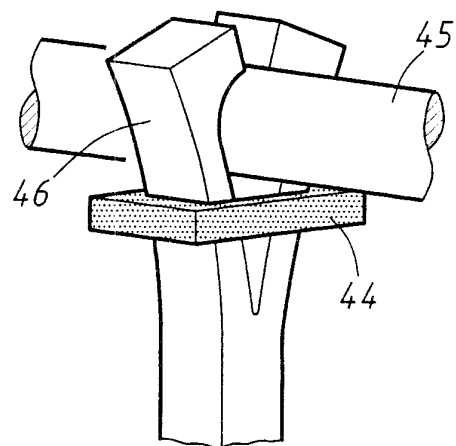
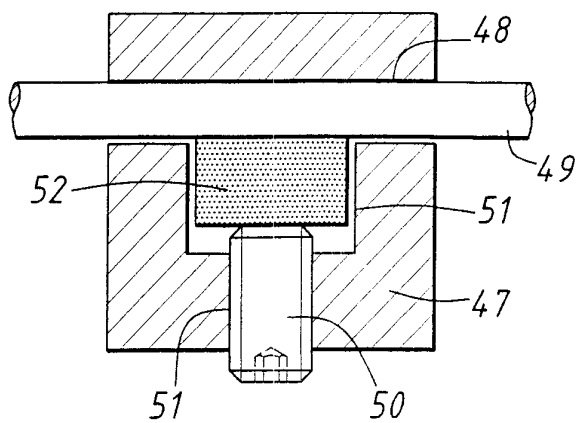
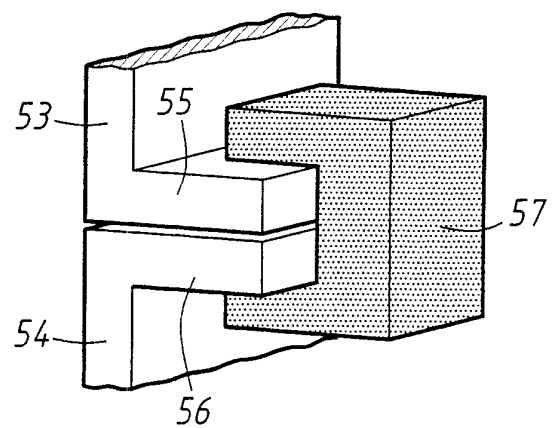
25 20. Système de connexion selon l'une des revendications 6 à 19, caractérisé en ce que lesdites au moins deux pièces font partie d'un dispositif implantable à usage médical ou vétérinaire.

FIG. 1FIG. 2

2/3

FIG. 3FIG. 4FIG. 5FIG. 6FIG. 7FIG. 8

3/3

FIG. 9FIG. 10FIG. 11FIG. 12FIG. 13FIG. 14



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 683607
FR 0604063

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	US 2002/007183 A1 (LEE CHOON KI [KR] ET AL) 17 janvier 2002 (2002-01-17) * page 3, alinéa 57 - page 7, alinéa 121; figures 1-24 *	1-20	F16B1/00 F16B3/00 F16B4/00 F16B7/00 C22F1/18 C22C19/03 A61F2/02 A61B17/70 DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F16B C22F C22C A61B
D,Y	EP 0 864 664 A (MEMOMETAL IND [FR]) 16 septembre 1998 (1998-09-16) * le document en entier *	1-20	
A	GB 2 373 557 A (RACK SYSTEMS [GB]) 25 septembre 2002 (2002-09-25) * page 5, alinéa 6 - page 6, alinéa 3; figures 1,2 *	1,3,6, 12-14,18	
A	US 3 832 072 A (MAZUR S) 27 août 1974 (1974-08-27) * colonne 2, ligne 58 - colonne 4, ligne 14; figures 1-4 *	1,3,6-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 février 2007		Heinzler, Markus	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0604063 FA 683607

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **12-02-2007**

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002007183 A1	17-01-2002	AUCUN	
EP 0864664 A	16-09-1998	FR 2758338 A1 US 5958159 A	17-07-1998 28-09-1999
GB 2373557 A	25-09-2002	AUCUN	
US 3832072 A	27-08-1974	AU 473838 B2 AU 6709574 A CA 1003656 A1 DE 2415428 A1 ES 202072 Y FR 2226581 A1 JP 895777 C JP 50012463 A JP 52022422 B	01-07-1976 25-09-1975 18-01-1977 07-11-1974 01-05-1976 15-11-1974 14-02-1978 08-02-1975 17-06-1977