

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 936 056

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

08 56192

⑤1 Int Cl⁸ : G 01 N 3/42 (2006.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 15.09.08.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.03.10 Bulletin 10/11.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : UNIVERSITE DE RENNES I Etablis-
sement public à caractère scientifique et culturel — FR.

⑦2 Inventeur(s) : MAUVOISIN GERARD.

⑦3 Titulaire(s) : UNIVERSITE DE RENNES I Etablis-
sement public à caractère scientifique et culturel.

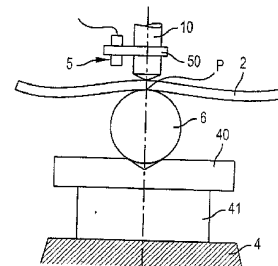
⑦4 Mandataire(s) : CABINET REGIMBEAU.

⑤4 DISPOSITIF D'INDENTATION CONTINUE OU INSTRUMENTEE A SURFACE DE SUPPORT CONVEXE ET SON
UTILISATION, NOTAMMENT POUR L'INDENTATION DE TOLES.

⑤7 La présente invention se rapporte notamment à un
dispositif d'indentation dite "continue" ou "instrumentée"
d'un matériau (2), qui comprend:

- un indenteur (10);
- des moyens de support (40; 6) du matériau (2) à
indenter;
- des moyens de déplacement de l'indenteur (10) et/ou
des moyens de support (40; 6), pour mettre en contact ledit
indenteur (10) avec ledit matériau (2), et l'enfoncer dans ce-
lui-ci;
- des moyens de mesure (5) de l'effort et du déplace-
ment de l'indenteur (10) au cours de son enfoncement dans
le matériau (2).

Ce dispositif se caractérise notamment par le fait que
lesdits moyens de support (40; 6) comprennent, dans le
prolongement de l'axe longitudinal (X-X') dudit indenteur
(10), une surface convexe (6) de réception dudit matériau
(2), orientée vers l'indenteur (10) de sorte que ledit matériau
(2) est apte à reposer sur cette surface (6) de manière ponc-
tuelle ou quasi-ponctuelle.



FR 2 936 056 - A1



La présente invention est relative à un dispositif d'indentation dite "continue" ou "instrumentée". Elle se rapporte également à l'utilisation d'un tel dispositif pour l'indentation de tôles, notamment de tôles minces, de plaques ou de matériaux en feuilles.

5 L'indentation "continue" ou "instrumentée" consiste à mesurer l'effort et le déplacement subi par un indenteur au cours de son enfoncement dans un matériau à tester.

C'est ce qui a été représenté sur la figure 1a annexée dans laquelle la pointe (en forme de bille de rayon R) d'un indenteur est
10 référencée 1 et le matériau à tester est référencé 2. L'enfoncement de la pointe 1 assure une déformation formant empreinte 20 à la surface du matériau 2, de profondeur h.

La courbe d'indentation obtenue, notée $F(h)$ et dont un exemple est visible à la figure 1b, représente l'évolution de l'effort appliqué
15 F, en fonction de l'enfoncement h de l'indenteur dans le matériau. Cette courbe, incluant une phase de chargement puis une phase de déchargement, dépend de nombreux paramètres expérimentaux, ainsi que des propriétés mécaniques du matériau testé.

Une fois les paramètres expérimentaux maîtrisés et fixés, la
20 courbe d'indentation, est caractéristique du matériau (voir figure 1c). Elle peut être exploitée pour déterminer les paramètres de la loi de comportement du matériau, habituellement obtenus par un essai de traction sur une éprouvette de ce matériau, ce qui est destructif et nécessite un certain volume de matière pour la réalisation d'une éprouvette spécifique et
25 normalisée.

Au contraire, le test d'indentation est non destructif, ne requiert qu'un petit volume de matière et ne nécessite pas d'éprouvette spécifique.

L'essai d'indentation est un test très local, surtout lorsqu'il est
30 utilisé à l'échelle nanométrique, pour tester des couches très fines, et qui n'empêche pas une utilisation ultérieure de l'échantillon sur lequel le test a été réalisé.

Toutefois, le manque de précision sur les valeurs de l'enfoncement mesuré rend impossible la détermination précise des
35 paramètres des matériaux habituellement extraits à partir d'une courbe d'indentation.

Par exemple, on détermine la dureté H du matériau à partir de l'enfoncement correspondant à la charge maximale appliquée. On détermine également le module réduit E^* selon la méthode d'Oliver et Pharr, en exploitant la pente de la courbe $F(h)$ au début du déchargement.

5 Plusieurs méthodes permettent aussi de déterminer la limite d'élasticité du matériau et un ou deux paramètres d'écrouissage. Ces méthodes s'appuient sur certaines grandeurs extraites de la courbe d'indentation, comme la courbure, l'énergie élastique, l'énergie plastique, l'énergie totale, ou le rapport énergie plastique sur énergie totale. Mais
10 toutes ces grandeurs dépendent directement de l'évolution de l'enfoncement h de l'indenteur au cours de l'essai.

Ainsi, les paramètres du matériau ne peuvent être déduits avec précision d'une courbe d'indentation que si l'enfoncement est évalué correctement et avec précision.

15 Aux figures 2 et 3 sont représentées très schématiquement des structures de dispositifs d'indentation bien connus.

Elles comprennent un bâti rigide 4 qui supporte une platine 40 de réception d'un matériau 2 à tester.

Dans la forme de réalisation de la figure 2, l'indenteur 10 est
20 fixé verticalement à l'extrémité d'un support 100, qui est rendu mobile, également en direction verticale, par des moyens moteurs 101. Un capteur de déplacement 3 est fixé entre la partie supérieure du bâti 4 et du support 100. Il mesure le déplacement de la pointe de l'indenteur 10 dans le matériau.

25 Dans la variante de la figure 3, l'indenteur 10 est fixe et c'est le support 40 du matériau à tester qui est pourvu de moyens moteurs 400 pour assurer son déplacement en direction verticale vers l'indenteur.

Quelle que soit la méthode mise en œuvre, la première source d'erreur dans l'évaluation de l'enfoncement est due au fait qu'en pratique,
30 cet enfoncement, qui correspond au déplacement du point le plus bas de l'indenteur 10, n'est pas mesuré directement mais déduit d'un déplacement mesuré, dans le meilleur des cas, entre l'indenteur 10 et l'échantillon 2.

Pour pallier cette difficulté, différentes solutions plus ou moins satisfaisantes ont été trouvées.

La plupart des solutions intègrent dans la valeur mesurée, des déplacements liés aux déformations de certains éléments du bâti ou des déplacements dus à des défauts géométriques du banc d'essai.

5 La seconde source d'erreur est due à l'utilisation d'indenteurs du commerce, prévus initialement pour déterminer la dureté à partir de l'empreinte laissée dans le matériau, après application puis retrait d'une charge. Les indenteurs sont constitués d'une pointe en diamant ou en carbure de tungstène, taillée selon une géométrie qui dépend du type d'essai de dureté, qui est sertie et/ou collée dans un support cylindrique en
10 acier, avec une extrémité qui dépend du mode de fixation sur le banc d'essai.

Le sertissage met en contact deux surfaces qui ne s'épousent jamais suffisamment bien pour éviter les déformations à l'interface entre la pointe et son support entraînant des perturbations sur la mesure de
15 l'enfoncement

Ces déformations sont toujours assez faibles mais jamais négligeables au regard des grandeurs mises en jeu au cours du test d'indentation.

20 Les caractéristiques géométriques des surfaces en contact (incluant la rugosité) étant inconnues de l'utilisateur, aucune modélisation ne peut être faite pour déterminer les déformations responsables du rapprochement de la pointe vers son support au cours de l'essai.

Ces deux sources d'erreur ne permettent donc pas d'assimiler le déplacement mesuré à l'enfoncement requis.

25 Par ailleurs, l'indentation est généralement pratiquée à une échelle qui dépend du volume de matière disponible ou de l'épaisseur des couches à tester, dans le cas de revêtements. Cela signifie qu'on adapte la charge à l'épaisseur de la pièce ou du revêtement à étudier.

Ainsi, dans le cas de tôles métalliques d'épaisseur de l'ordre
30 de 0,3 à 2 mm, il faudrait pratiquer l'indentation à l'échelle micrométrique voire nanométrique.

Or, les matériaux métalliques ont une microstructure composée de multiples grains de différentes natures et différentes tailles qui en font un matériau hétérogène à l'échelle microscopique.

Sur de tels matériaux, les courbes d'indentation obtenues à faible ou très faible charge (inférieure au newton) sont peu reproductibles, car elles dépendent de l'endroit où est pratiqué le test.

En appliquant une forte charge (jusqu'à 100 ou 200N), la déformation plastique s'étend sur un volume suffisamment important, en regard de la taille des grains, pour être représentatif du matériau. Ainsi, l'indentation à l'échelle macroscopique permet de remonter au comportement macroscopique du matériau.

La difficulté rencontrée lors de l'indentation macroscopique des tôles est liée à la géométrie des surfaces. En effet, il n'est pas possible, concrètement, de réaliser des échantillons de tôle avec une surface d'appui parfaitement plane.

Même la rectification ne peut pas gommer les défauts de planéité sur des tôles minces. En effet, le plateau magnétique utilisé pour fixer la tôle au cours de la rectification exerce un champ de forces qui déforme la tôle. Après la rectification, la surface rectifiée est plane tant qu'on ne retire pas la tôle de son support magnétique.

Concrètement, lorsqu'on retire la tôle du plateau magnétique, on peut avoir des défauts de planéité de plusieurs dizaines de micromètres (ces défauts sont parfois amplifiés durant la phase de polissage manuel).

C'est peu, mais la flexion qui en résulte peut entraîner un déplacement parasite sous le capteur de déplacement, qui est de l'ordre des profondeurs d'enfoncement de l'indenteur au cours du test de l'indentation.

Il en résulte que l'on n'obtient pas la même courbe d'indentation selon l'endroit où l'on réalise le test sur l'échantillon.

La figure 4 annexée illustre cette situation. On y a volontairement exagéré les défauts de planéité de la liste de matériaux 2 à tester.

Sur cette figure ont été représentés deux indenteurs équipés d'un support 50 pour un capteur 5 de mesure d'enfoncement.

Selon que l'indenteur (partie gauche de la figure) se situe à l'aplomb d'une zone de la tôle bien en appui contre son support 40, ou à la verticale d'un défaut de planéité (partie droite de la figure – existence d'un jeu j sous la tôle), la mesure d'enfoncement enregistrée par le dispositif ne sera pas la même.

On observe des problèmes de reproductibilité des résultats. Les courbes $F(h)$ obtenues ne sont pas superposables comme dans le cas de matériaux massifs.

C'est ce qui est représenté sur la figure 5 ci-jointe, dans laquelle trois courbes A, A', A'', non superposables sont obtenues en testant le même échantillon à différents endroits.

La présente invention a pour but de pallier ces inconvénients.

En d'autres termes, elle vise à proposer un dispositif d'indentation qui s'affranchit des défauts de planéité du matériau que l'on souhaite tester.

Elle vise également à proposer un dispositif d'indentation qui reprend la structure générale des dispositifs d'indentation connus.

Ainsi, selon un premier aspect de l'invention, celle-ci concerne un dispositif d'indentation dite "continue" ou "instrumentée" d'un matériau, qui comprend :

- un indenteur ;
- des moyens de support du matériau à indenter ;
- des moyens de déplacement de l'indenteur et/ou des moyens de support, pour mettre en contact ledit indenteur avec ledit matériau, et l'enfoncer dans celui-ci ;
- des moyens de mesure de l'effort et du déplacement de l'indenteur au cours de son enfoncement dans le matériau, caractérisé par le fait que lesdits moyens de support comprennent, dans le prolongement de l'axe longitudinal dudit indenteur, une surface convexe de réception dudit matériau orientée vers l'indenteur, de sorte que ledit matériau est apte à reposer sur cette surface de manière ponctuelle ou quasi-ponctuelle.

Grâce à ce dispositif, il va être possible d'obtenir des courbes d'indentation sur des tôles, avec la même fiabilité que sur un matériau massif. Il permet une utilisation des courbes d'indentation, sans calibration, pour une évaluation quantitative des propriétés des matériaux.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de ce dispositif :

- ladite surface convexe est la surface d'une sphère ou d'une portion de sphère ;
 - lesdits moyens de support comprennent également une platine sur laquelle repose ladite sphère ou portion de sphère ;
 - ladite platine comporte des moyens de calage et/ou de fixation de ladite sphère ou portion de sphère ;
 - ladite surface convexe est d'une pièce avec une platine de support ;
 - ledit indenteur est monobloc, c'est à dire qu'il comprend une pointe d'indentation qui est d'une pièce avec le corps dudit indenteur ;
 - ledit indenteur est en carbure de tungstène ou tout autre matériau présentant une grande dureté ;
 - lesdits moyens de mesure du déplacement de l'indenteur au cours de son enfoncement dans le matériau comprennent au moins trois capteurs de déplacement disposés angulairement de manière équidistante autour dudit indenteur ;
 - lesdits capteurs sont du type capacitif sans contact ;
 - il comprend des moyens aptes à enregistrer la distance mesurée par chacun des capteurs, ainsi qu'à calculer la moyenne de ces trois distances, cette moyenne étant considérée comme étant la valeur d'enfoncement de l'indenteur dans le matériau ;
 - ladite surface convexe est constituée par la pointe d'un second indenteur qui s'étend dans le prolongement et en opposition au premier indenteur ;
 - il affecte la forme d'une paire de pinces, chaque indenteur étant solidaire d'une mâchoire de cette paire de pinces comme l'indique la figure 9 ;
- L'invention se rapporte également à l'utilisation d'un dispositif selon l'une des caractéristiques précédentes pour l'indentation "continue" ou

"instrumentée" de tôles, en particulier de tôles minces, de plaques ou de matériaux en feuilles.

D'autres caractéristiques de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre de certains modes de réalisation. Cette description sera faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 6A est une vue très schématique d'une première forme de réalisation du dispositif selon l'invention ;
- la figure 6B est un schéma montrant l'installation dans laquelle est intégré le dispositif selon l'invention ;
- la figure 7 est une vue schématique, de dessous, d'un indenteur qui forme partie intégrante du dispositif selon l'invention, et de trois capteurs (ou palpeurs) qui l'équipent ;
- la figure 8 montre un ensemble de courbes donnant la valeur de l'enfoncement d'un indenteur en fonction de la charge appliquée, en utilisant un dispositif selon l'invention ; On observe sur cette figure que les courbes D obtenues avec support sphériques sont plus rigides et se superposent mieux que les courbes E, obtenues sans support sphérique
- la figure 9 est une vue de face d'une variante de réalisation du dispositif ;
- la figure 10 est une vue agrandie de la partie de la figure 9 repérée par un cercle.

On se reporte maintenant à la figure 6A dans laquelle on a représenté partiellement un dispositif d'indentation continue conforme à la présente invention.

Celui-ci a été représenté partiellement, afin de se focaliser seulement sur les aspects innovants de ce dispositif.

On y reconnaît un indenteur 10 de type connu qui s'étend verticalement selon un axe XX'.

Pour simplifier la figure, les moyens qui permettent de déplacer verticalement de haut en bas et inversement cet indenteur, n'ont pas été représentés.

Le dispositif est également pourvu d'une platine de réception d'un matériau à tester, cette platine reposant sur des moyens capteurs d'effort, supportés eux-mêmes par le bâti du dispositif.

Conformément à la présente invention, les moyens de support du matériau 2 à tester comprennent, dans le prolongement de l'axe longitudinal XX' de l'indenteur 10, une surface convexe de réception du matériau 2, orientée vers l'indenteur.

5 En l'occurrence, cette surface convexe est la surface d'une sphère 6 qui est disposée sur la platine 40. A cet effet, il a été pratiqué à la surface de cette platine 40 un alésage assurant un contact linéaire annulaire entre la sphère et la platine destiné à immobiliser la sphère 6.

10 Dans un mode de réalisation non représenté, la platine 40 pourrait être pourvue de moyens de fixation de ladite sphère.

Cette sphère est de préférence en un matériau dur qui ne se déforme qu'élastiquement au cours de l'essai.

15 Bien entendu, le diamètre de cette sphère doit être suffisant pour y faire tenir en équilibre l'échantillon de matériau à tester. Cela signifie, plus généralement que le rayon de courbure de la surface convexe doit être inférieur à celui du matériau 2, dans la région d'appui sur cette surface.

20 Et on comprend que lorsque la sphère est centrée sur l'axe vertical XX' de l'indenteur 10, l'effort vertical de l'indenteur sur le matériau 2 a pour réaction un effort vertical de la sphère sur ce matériau, au droit du point de contact.

Ainsi, on évite la flexion du matériau 2 au cours de l'essai.

25 Dans des modes de réalisation non représentés, la sphère 6 pourrait être remplacée par une portion de sphère ou par tout autre élément qui présente une surface convexe de contact avec le matériau à tester, de sorte que la zone d'appui de ce matériau sur ce support soit ponctuelle ou quasi ponctuelle.

A la figure 6A sont également représentés des moyens de mesure de l'enfoncement de l'indenteur dans le matériau 2.

30 Ces moyens comprennent un support 50 solidaire de l'indenteur 10 et des palpeurs 5 fixés à ce support 50.

Ces palpeurs ou capteurs sont particulièrement visibles à la figure 7.

35 Ils sont au nombre de trois ou plus, disposés selon un cercle fictif C centré sur l'axe XX' de l'indenteur 10, équidistants angulairement les uns des autres et à égale distance de l'axe de l'indenteur. Dans la

configuration à trois capteurs de la figure 7, ceux-ci constituent les sommets d'un triangle équilatéral au centre duquel se trouve l'indenteur.

Il s'agit de préférence de capteurs sans contact de type capacitif, c'est-à-dire aptes à mesurer, via des moyens adaptés, notamment informatiques, une valeur potentiométrique fonction de l'écartement entre ces capteurs et le matériau ciblé.

Des moyens informatiques, non représentés à la figure 6A, sont prévus pour transformer cette valeur en une distance.

Le fait que l'on utilise ici trois capteurs équidistants angulairement permet de compenser d'éventuels écarts de distance lu par l'un ou par l'autre.

Afin de tenir compte de cette variation, les moyens informatiques sont également aptes à calculer la moyenne des trois mesures et à considérer cette moyenne comme égale à la valeur d'enfoncement de l'indenteur dans le matériau.

Sur la figure 7 est également visible la pointe 101 de l'indenteur 10.

Celui-ci est de préférence de type monobloc, usiné dans la masse d'une pièce de carbure de tungstène.

Une installation intégrant le dispositif selon l'invention est très schématiquement représentée à la figure 6B. On a désigné respectivement BI et EC un banc d'indentation continu classique, et les équipements complémentaires qu'il reçoit (platine 40, sphère 6, etc) pour la mise en œuvre de la présente invention.

Ce banc est relié à un ordinateur PC, via une interface électronique d'acquisition des mesures réalisées par le banc.

P1 et P2 désignent des logiciels chargés dans l'ordinateur, adaptés pour traiter les données acquises.

La réalisation d'un test d'indentation est faite en prenant compte en premier lieu les paramètres de l'essai d'indentation (tels que le nom de l'application, la vitesse de l'essai, la vitesse d'acquisition, le rayon de la pointe d'indentation, l'effort maximum qui sera appliqué, le nombre d'étapes, le nombre de cycles en fin de chargement).

On réalise alors l'essai.

Un logiciel ou plusieurs logiciels associé(s) assume(nt) alors plusieurs tâches en parallèle à savoir :

- la commande de la platine de déplacement vertical ;
- l'acquisition simultanée de l'effort axial et des trois valeurs de déplacement vertical ;
- l'affichage de l'évolution de l'effort en fonction du temps ;
- 5 - l'affichage de l'évolution de l'effort en fonction de l'enfoncement de l'indenteur.

Au final le logiciel enregistre les données dans un fichier.

Ces données peuvent être exploitées sur un tableur, grâce à un logiciel spécifique ou par une procédure d'analyse inverse.

10 A la figure 8 sont représentées les courbes d'indentation obtenues avec une première série D de matériaux 2. Ces courbes D, d'une part, et E, d'autre part, se superposent, ce qui montre que le dispositif selon l'invention permet de mettre en œuvre des essais reproductibles.

15 A la figure 9 est visible un mode de réalisation différent du dispositif d'indentation.

Celui-ci prend la forme d'une paire de pinces 7 munie de poignées 70 et 71 ainsi que de deux mâchoires associées 72 et 73.

20 A ces mâchoires 72 et 73 sont associés deux dispositifs d'indentation conformes à l'invention disposés en regard l'un de l'autre, de sorte que la pointe 101 d'un indenteur 10 constitue la surface convexe de réception du matériau et inversement.

25 Cette situation est particulièrement visible à la figure 10 dans laquelle on note la présence des deux indenteurs 10 disposés selon le même axe XX', la pointe 101 de chacun constituant une surface de support vis-à-vis de l'autre.

Il est clair que le dispositif de la présente invention trouve application pour l'indentation de tôles minces. Toutefois, elle s'applique à l'indentation de matériau, qu'elle que soit leur épaisseur et leur forme. Ce dispositif convient également pour l'indentation de matériaux constitués de
30 couches de nature différente.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'indentation dite "continue" ou "instrumentée" d'un matériau (2), qui comprend :
- un indenteur (10) ;
 - des moyens de support (40 ; 6) du matériau (2) à indenter ;
 - 5 - des moyens de déplacement de l'indenteur (10) et/ou des moyens de support (40 ; 6), pour mettre en contact ledit indenteur (10) avec ledit matériau (2), et l'enfoncer dans celui-ci ;
 - des moyens de mesure (8 ; 5) de l'effort et du déplacement de l'indenteur (10) au cours de son enfoncement dans le matériau (2),
 - 10 caractérisé par le fait que lesdits moyens de support (40 ; 6) comprennent, dans le prolongement de l'axe longitudinal (X-X') dudit indenteur (10), une surface convexe (6) de réception dudit matériau (2), orientée vers l'indenteur (10) de sorte que ledit matériau (2) est apte à reposer sur cette surface (6) de manière ponctuelle ou quasi-ponctuelle.
- 15 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que ladite surface convexe est la surface d'une sphère (6) ou d'une portion de sphère.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que lesdits moyens de support comprennent également une platine (40) sur
- 20 laquelle repose ladite sphère (6) ou portion de sphère.
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par le fait que ladite platine (40) comporte des moyens de calage (401) et/ou de fixation de ladite sphère (6) ou portion de sphère.
5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait
- 25 que ladite surface convexe (6) est d'une pièce avec une platine (40) de support.
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que ledit indenteur (10) est monobloc, c'est à dire qu'il comprend une pointe d'indentation (101) qui est d'une pièce avec le corps
- 30 dudit indenteur.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que ledit indenteur (10) est en carbure de tungstène ou en tout autre matériau de grande dureté.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que lesdits moyens de mesure du déplacement de l'indenteur (10) au cours de son enfoncement dans le matériau (2) comprennent au moins trois capteurs (5) de déplacement, disposés angulairement de manière équidistante autour dudit indenteur (10).

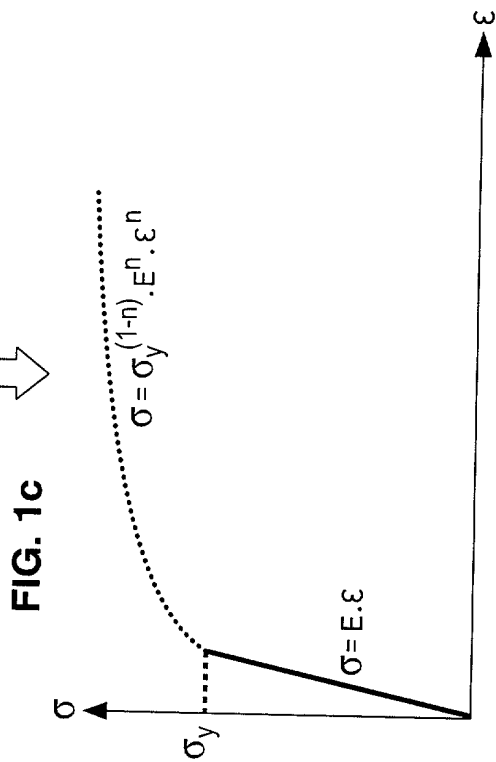
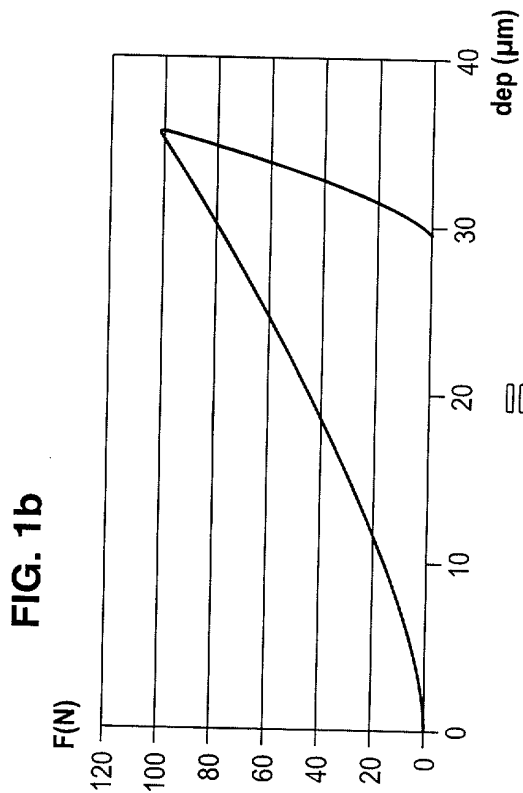
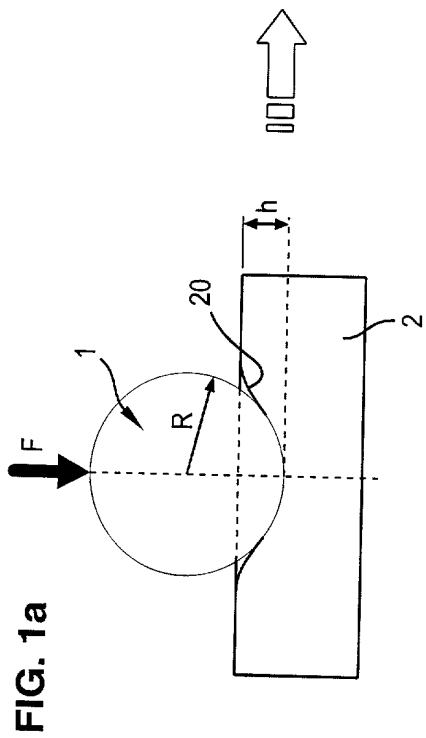
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait que lesdits capteurs (5) sont de type capacitif sans contact.

10. Dispositif selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens aptes à enregistrer la distance mesurée par chacun des capteurs (5), ainsi qu'à calculer la moyenne de ces trois distances, cette moyenne étant considérée comme étant la valeur d'enfoncement de l'indenteur (10) dans le matériau (2).

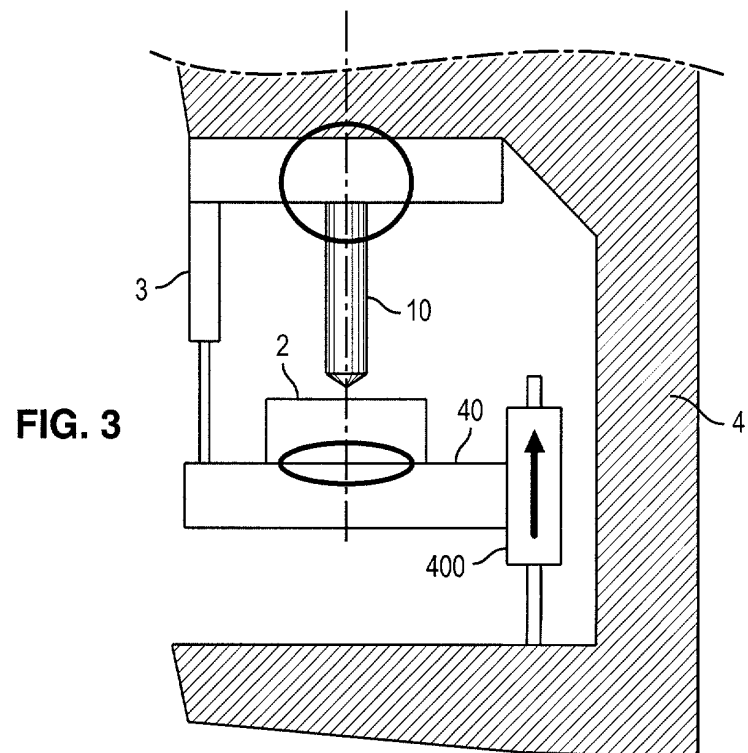
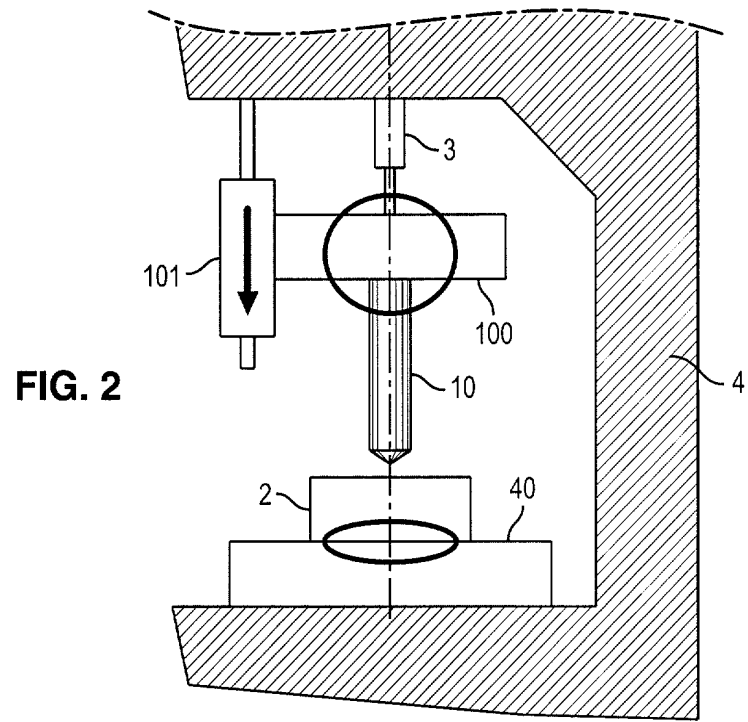
11. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 6 à 10 quand ces dernières sont dépendantes de la revendication 1, caractérisé par le fait que ladite surface convexe (6) est constituée par la pointe (101) d'un second indenteur (10) qui s'étend dans le prolongement et en opposition au premier indenteur (10).

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé par le fait qu'il affecte la forme d'une paire de pinces, chaque indenteur (10) étant solidaire d'une mâchoire (72, 73) de cette paire (7) de pinces.

13. Utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications précédentes, pour l'indentation "continue" ou "instrumentée" de tôles (2), en particulier de tôles minces, de plaques ou de matériaux en feuilles.



2/6



3/6

FIG. 4

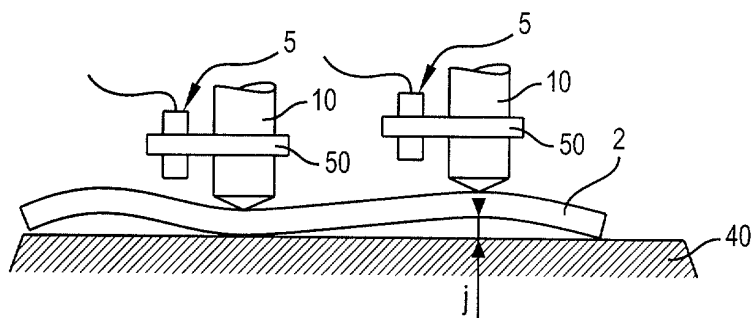


FIG. 5

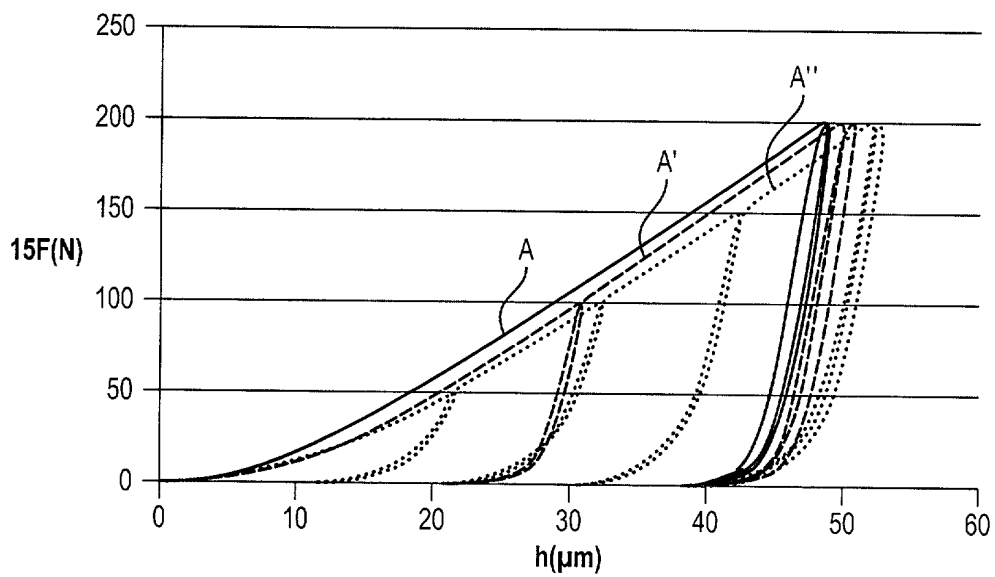
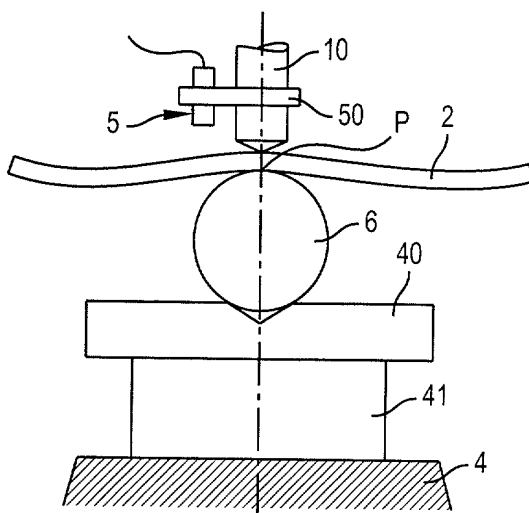
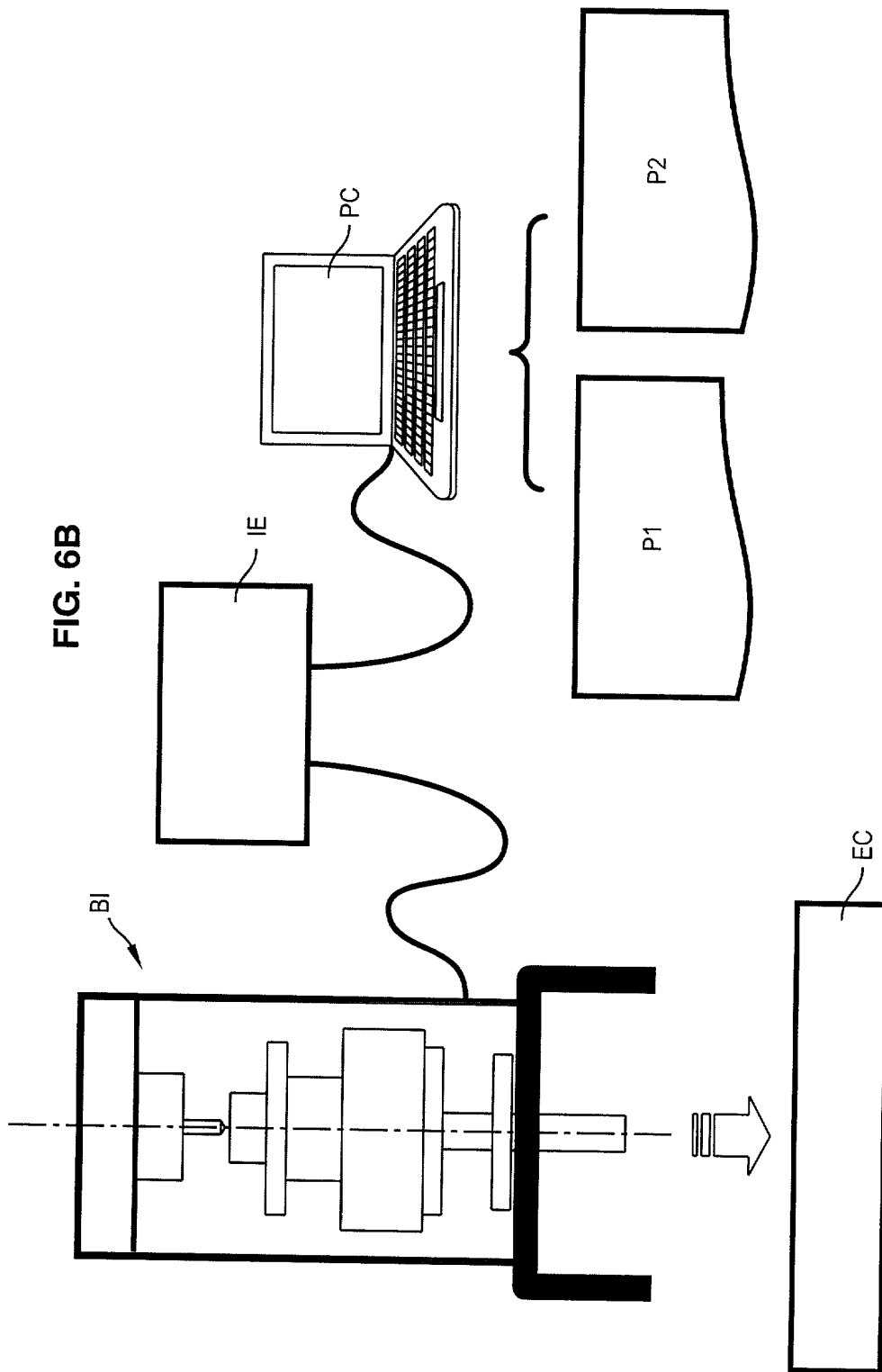


FIG. 6A





5/6

FIG. 7

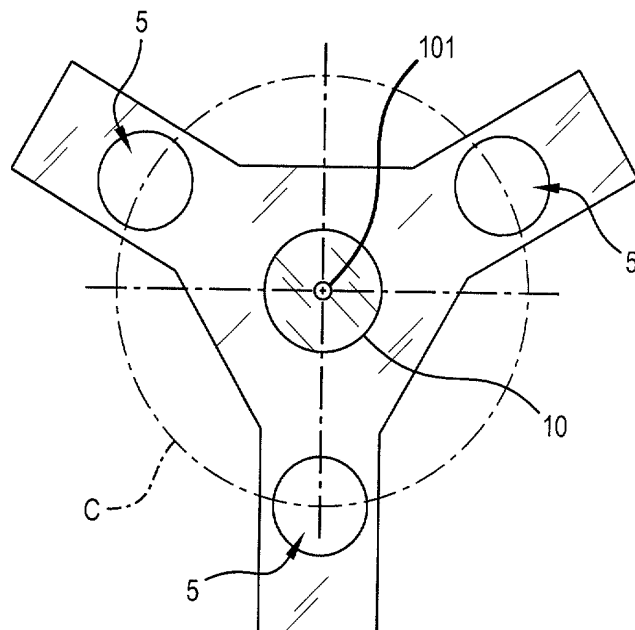
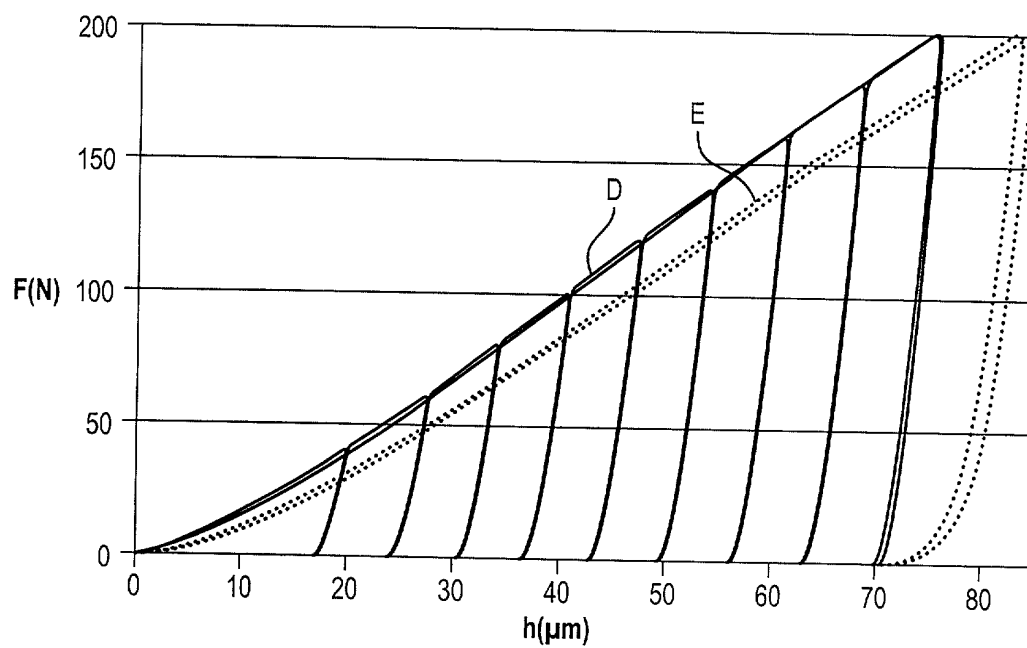


FIG. 8



6/6

FIG. 9

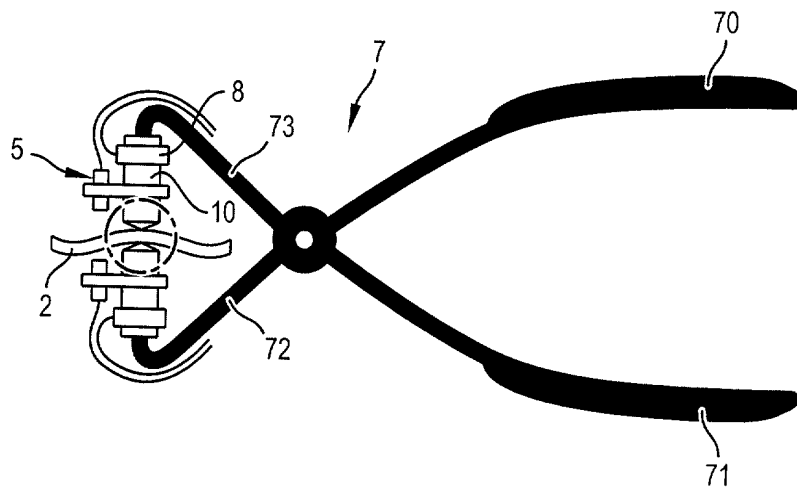
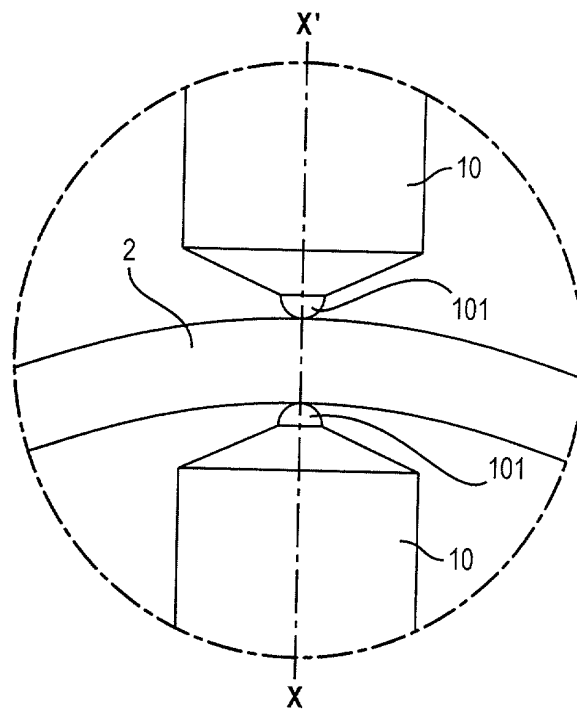


FIG. 10





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 711944
FR 0856192

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		
X	JP 08 122239 A (KOBASHI KOGYO KK) 17 mai 1996 (1996-05-17) * abrégé *	1-6	G01N3/42
A	----- DE 42 10 599 C2 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 5 mai 1994 (1994-05-05) * le document en entier *	1-13	
A	----- US 5 965 896 A (MARTON DENES [US]) 12 octobre 1999 (1999-10-12) * colonne 8, ligne 41 - ligne 54; figure 2 *	1-13	
A	----- DE 10 2005 012365 A1 (BAM BUNDESANSTALT MATFORSCHUNG [DE]) 21 septembre 2006 (2006-09-21) * le document en entier *	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01N
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		3 septembre 2009	Weaver, Malika
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0856192 FA 711944**

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 **03-09-2009**

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
JP 8122239	A	17-05-1996	AUCUN	
DE 4210599	C2	05-05-1994	DE 4210599 A1	14-10-1993
US 5965896	A	12-10-1999	AUCUN	
DE 102005012365	A1	21-09-2006	AUCUN	