

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫ Date de dépôt : 17.02.93.

③ Priorité :

④ Date de la mise à disposition du public de la
demande : 28.10.94 Bulletin 94/43.

⑤ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦ Demandeur(s) : ACFG Société en nom collectif —
FR.

⑧ Inventeur(s) : Gibert Francis.

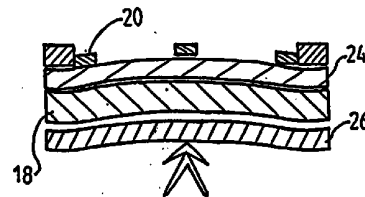
⑨ Titulaire(s) :

⑩ Mandataire : Cabinet Arnaud.

⑪ Capteur, son procédé de fabrication et son application à la mesure.

⑫ L'invention concerne un capteur à organe déformable.
Elle se rapporte à un capteur, du type qui comporte un
organe déformable (18), un élément transducteur (20) sen-
sible à la déformation de l'organe déformable et destiné à
transmettre un signal qui dépend de cette déformation, et
une structure isolante (24) disposée entre l'organe défor-
mable et l'élément transducteur. Selon l'invention, la struc-
ture isolante (24) comporte au moins une couche de car-
bone à structure analogue à celle du diamant.

Application à la détection de forces, de pressions, d'ac-
céléérations, de températures, ou de déplacements.



La présente invention concerne un capteur du type qui comporte un organe déformable, un procédé de fabrication d'un tel capteur et l'application d'un tel capteur à la détection de divers paramètres.

5 On connaît déjà des capteurs ayant un organe déformable, un organe transducteur sensible à la déformation de l'organe sensible, et une structure isolante disposée entre l'organe sensible et l'élément transducteur. La figure 1 représente un exemple d'appareil de mesure
10 ayant un tel capteur, et la figure 2 représente le capteur de cet appareil de mesure.

Sur la figure 1, une canalisation 10 a un trou 12 destiné au passage du corps 16 d'un appareil de mesure 14. Cet appareil possède un organe 18 formé d'un métal et qui
15 peut se déformer. La figure 2 montre que l'organe déformable 18 porte un élément transducteur 20, par exemple formé par des électrodes capacitives ou des résistances en couches minces, avantageusement montées en pont de Wheatstone. Une couche isolante 22 sépare l'élément
20 sensible 18 de l'élément transducteur 20. La couche isolante 22 est habituellement formée de silice et son épaisseur est de l'ordre de quelques microns, par exemple de trois à cinq microns.

Malgré leurs nombreux avantages, les capteurs
25 représentés sur les figures 1 et 2 présentent un certain nombre d'inconvénients. Ces derniers sont en grande partie dus à la couche de silice formée entre l'organe déformable et l'élément transducteur, car elle doit être relativement épaisse pour assurer une bonne isolation, sans présenter de
30 piqure ni de défaut homogénéité. Il arrive souvent que la structure d'une couche de SiO_2 forme des colonnettes qui donnent une anisotropie à la couche.

La couche de silicium, qui est relativement épaisse, a en outre un coefficient de dilatation thermique qui est
35 de l'ordre de deux fois inférieur à celui de la plupart des métaux utilisés pour la formation de l'organe déformable. En conséquence, les déformations ne sont pas transmises de

la même manière par la couche isolante aux différentes températures, et la linéarité du résultat de la mesure est donc perturbé.

Compte-tenu de la différence précitée de
5 coefficients de dilatation thermique et comme la silice a une adhérence relativement mauvaise sur certains substrats métalliques, la plage d'utilisation de ces capteurs est relativement réduite et ne dépasse pas 200 °C d'une part et - 50 °C d'autre part en général.

10 La couche de silice doit aussi être réalisée sur une surface bien plane, et, en outre, compte-tenu de son épaisseur, son temps de fabrication est relativement élevé.

De plus, la silice a une résistance chimique insuffisante à un certain nombre d'agents chimiques souvent
15 présents dans les conditions de mesure, et sa résistivité est trop faible pour qu'elle résiste bien aux perturbations électriques et magnétiques.

Du fait des inconvénients précités, les capteurs réalisés avec des couches de silice ne peuvent être
20 utilisés que dans des plages limitées de température, de conditions physiques et d'environnement chimique. Leur utilisation n'est donc pas possible dans un certain nombre d'applications industrielles importantes.

La présente invention a pour objet de remédier aux
25 inconvénients précités. Elle a donc pour objet la réalisation de tels capteurs dont la structure isolante, placée entre l'organe déformable et l'élément transducteur, forme une couche continue, mince, anisotrope et dont le coefficient de dilatation thermique est proche de celui du
30 matériau, en général métallique, qui forme l'organe déformable.

L'invention a aussi pour objet la réalisation d'un tel capteur dont la structure isolante présente une bonne adhérence au substrat, et qui peut donc être utilisé dans
35 une grande plage de température, par exemple entre - 270 °C et + 600 °C.

Elle a aussi pour objet un tel capteur dont la durée de fabrication est réduite.

Elle a aussi pour objet un tel capteur qui présente une bonne résistance chimique à la plupart des conditions
5 industrielles d'utilisation.

Elle a aussi pour objet la réalisation d'un tel capteur qui est pratiquement insensible aux perturbations électriques et magnétiques.

Elle a aussi pour objet un tel capteur dont la
10 structure isolante n'est pas plane mais peut être formée sur un substrat ayant des discontinuités de surface.

Plus précisément, l'invention concerne un capteur du type qui comporte un organe déformable, un élément transducteur sensible à la déformation de l'organe
15 déformable et destiné à transmettre un signal qui dépend de cette déformation, et une structure isolante disposée entre l'organe déformable et l'élément transducteur ; selon l'invention, la structure isolante comporte au moins une couche de carbone à structure analogue à celle du diamant.

20 Dans un mode de réalisation, l'organe déformable est constitué d'un métal ou d'un alliage capable de former un carbure dans des conditions d'application de la structure isolante, et la structure isolante comporte alors la couche de carbone à structure analogue à celle du diamant placée
25 directement au contact du métal ou de l'alliage. De préférence, le métal est choisi dans le groupe qui comprend l'aluminium, le fer, le titane, le molybdène, le silicium et le germanium.

Dans un autre mode de réalisation, l'organe
30 déformable est constitué d'un métal qui ne forme pratiquement pas de carbure dans les conditions d'application de la structure isolante, et la structure isolante comporte alors, entre la couche de carbone à structure analogue à celle du diamant et l'organe
35 déformable, au moins une couche d'accrochage. De préférence, lorsque le métal est l'or ou le cuivre, la couche d'accrochage est formée d'aluminium.

De préférence, l'élément transducteur comprend un circuit électronique à couches minces, formant plusieurs composants électriques. Ceux-ci forment avantageusement un pont de Wheatstone. Ils sont de préférence choisis parmi
5 les résistances et les électrodes capacitives.

De préférence, le capteur comporte, sur la face de l'organe déformable opposée à celle qui porte la structure isolante et l'élément transducteur, une autre structure à couche de carbone à structure analogue à celle du diamant,
10 destinée à assurer une protection chimique.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un capteur du type précédent, dans lequel la couche de carbone à structure analogue à celle du diamant est déposée par un procédé choisi parmi le dépôt chimique
15 en phase vapeur en présence d'un plasma, le dépôt en présence de deux faisceaux électroniques, le dépôt à l'aide d'un magnétron et le dépôt par faisceau moléculaire. De préférence, le procédé utilisé est le dépôt chimique en phase vapeur en présence d'un plasma.

20 L'invention concerne aussi l'application d'un tel capteur à la détection de forces, de pressions, d'accéléérations, de températures, ou de déplacements.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va
25 suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1, déjà décrite, est une coupe schématique d'un appareil de mesure comprenant un capteur de la technique antérieure ;

30 la figure 2, déjà décrite, est une coupe schématique d'un capteur de la technique antérieure ;

la figure 3 est une coupe d'un capteur selon l'invention, analogue au capteur représenté sur la figure 2 ; et

35 la figure 4 est un schéma d'un appareil de dépôt chimique en phase vapeur de carbone à structure analogue à celle du diamant.

La figure 3 indique la structure d'un capteur selon l'invention, qui peut être comparée à la structure de la figure 2 de la technique antérieure. Sur la figure 3, l'organe déformable 18 et l'élément transducteur 20 sont
5 analogues à ceux de la figure 2. Cependant, la couche isolante 22 de silicium est remplacée par une structure isolante 24 selon l'invention. En outre, une couche supplémentaire 26 peut être ajoutée du côté d'action du fluide.

10 La structure isolante 24 selon l'invention peut être formée simplement d'une couche de carbone à structure analogue à celle du diamant, ayant une épaisseur de l'ordre du micron, lorsque l'organe déformable 18 est constitué d'un métal capable de former des carbures.

15 On sait déjà réaliser des couches de carbone à structure analogue à celle du diamant. On les utilise essentiellement pour leur propriétés de dureté, de faible coefficient de frottement, d'adhérence et d'élasticité. On les utilise ainsi pour des revêtements à l'usure, à
20 l'abrasion et à la corrosion. Cependant, on ne les a pas utilisées dans les capteurs en couches minces qui posent d'autres problèmes et pour lesquels ce sont d'autres propriétés du carbone à structure analogue à celle du diamant qui sont particulièrement intéressantes.

25 On indique maintenant comment est réalisée la structure isolante 24, en référence à la figure 4. Une chambre à vide 28 peut être mise sous vide par une pompe à vide 30. Un générateur à haute fréquence 32 est relié, par une traversée isolante 34, à une cathode 36. Un plasma
30 peut ainsi être créé dans la chambre 28, autour d'objets 40 placés sur la cathode 36. Une bouteille 42 contenant un mélange de gaz et une vanne 44 permettent l'introduction des gaz nécessaires.

Lors du fonctionnement, les organes déformables ou
35 les corps complets d'appareil de mesure, comprenant l'organe déformable, sont placés sur un plateau métallique formant la cathode 36 reliée au générateur 32. Les parois

de la chambre à vide 28 sont à la masse. Après mise sous vide de la chambre 28, à une pression de l'ordre de 10^{-6} millibars ; un mélange de gaz hydrocarboné est introduit à une pression relativement faible, de l'ordre de 5 10^{-3} millibars.

Une tension d'environ 1000 V à haute fréquence est alors appliquée si bien qu'une décharge lumineuse est auto-entretenu dans le gaz.

Les organes déformables et les corps d'appareils de mesure se chargent alors négativement, étant donné la différence de mobilité entre les ions et les électrons du plasma. Les ions sont accélérés vers les organes déformables sur lesquels se forme un dépôt solide. Pendant sa formation, ce dépôt est soumis à un bombardement d'ions 15 qui forment une structure amorphe dense et très dure, car les atomes les plus faiblement liés à la surface sont éliminés. Le dépôt obtenu est une couche de carbone dur, amorphe et hydrogéné. Les propriétés et les conditions de dépôt de telles couches de carbone CAD sont par exemple 20 décrites dans l'article "Diamond-like carbon properties and applications", de J. Franks, K. Enke et A. Richardt, paru dans la revue "Metals and Materials".

Par rapport aux capteurs ayant une structure isolante formée d'une couche de silice, les capteurs selon 25 l'invention présentent de nombreux avantages.

D'abord, le revêtement formé par la couche de carbone à structure analogue à celle du diamant est anisotrope, continu et sans piqure. Il peut donc être utilisé avec une plus faible épaisseur que la silice et 30 permet donc une meilleure transmission de la déformation.

Ensuite, le carbone à structure analogue à celle du diamant forme des couches dont le coefficient de dilatation thermique est voisin de celui des métaux habituellement utilisés pour la formation de l'organe déformable, tels que 35 l'aluminium, le fer, le titane et le molybdène. En conséquence, la transmission de la déformation est peu sensible à la variation de la température du capteur.

Le carbone à structure analogue à celle du diamant présente une excellente adhérence au substrat lorsque celui-ci est capable de former un carbure. La formation d'une structure de carbure à l'interface de la couche et de
5 métaux tels que l'aluminium, le fer, le titane et le molybdène, peut être facilement observée aux rayons X. Lorsque le métal ne forme pas un tel carbure (or, cuivre), il est facile de former une couche d'accrochage, par exemple d'aluminium, qui adhère bien au métal et permet la
10 formation d'un carbure avec la couche de carbone à structure analogue à celle du diamant. En conséquence, la couche isolante peut supporter des contraintes plus importantes qu'une couche de silice. Cette propriété est encore accrue par le fait que la couche a une moindre
15 épaisseur qu'une couche de silice qui doit être utilisée habituellement.

Compte-tenu de la faible épaisseur de la couche de carbone à structure analogue à celle du diamant et en outre de la rapidité de son dépôt lors d'une opération de dépôt
20 chimique en phase vapeur en présence d'un plasma, le temps de fabrication des capteurs est notablement réduit par rapport à la fabrication d'une couche de silice d'un facteur au moins égal à deux. Le coût du capteur peut donc être réduit.

25 Compte-tenu de l'excellente adhérence de la couche de carbone à structure analogue à celle du diamant à l'organe déformable, de la faible différence de coefficients de dilatation thermique avec les métaux de substrat, et des excellentes propriétés de résistance à la
30 chaleur, les couches de carbone à structure analogue à celle du diamant peuvent être utilisées dans une très large plage de température, par exemple entre - 270 et 600 °C.

Un avantage du dépôt chimique en phase vapeur en présence d'un plasma d'une couche de carbone à structure
35 analogue à celle du diamant est que la couche peut être formée même sur des surfaces non planes, par exemple en présence de cavités ou de rebords, contrairement à la

silice. Cette disposition permet la réalisation de capteurs qu'il est impossible de réaliser avec la technique de la silice. Par exemple, il est parfois souhaitable de réaliser une structure isolante sur un organe déformable ayant des
5 cavités destinées au logement de composants du circuit électronique transducteur ou d'autres composants associés. Ceci n'est pas possible dans le cas d'une couche isolante de silice.

En outre, les couches isolantes de carbone à
10 structure analogue à celle du diamant ont une résistance chimique bien supérieure à celle de la silice. Ces propriétés de résistance chimique sont analogues à celles du diamant.

Enfin, les couches de carbone à structure analogue à
15 celle du diamant possèdent une résistivité comprise entre 10^6 et 10^{11} Ω .cm qui leur permet d'être insensibles aux perturbations électriques et magnétiques. Au contraire, la silice assure une mauvaise protection à cet égard car sa résistivité est plus faible.

On a indiqué, sur la figure 3, qu'une couche de
20 carbone à structure analogue à celle du diamant pouvait être formée du côté opposé à celui qui porte l'élément transducteur. Cette caractéristique est très avantageuse lorsque cette face de l'organe déformable est au contact de
25 produits corrosifs ou abrasifs ou lorsque le milieu environnant peut provoquer une modification de la structure déformable et en conséquence une modification du comportement de celle-ci à la déformation. Dans ce cas, les propriétés les plus importantes de cette couche de carbone
30 à structure analogue à celle du diamant sont sa dureté, son adhérence et sa résistance chimique comme indiqué précédemment.

L'élément transducteur est souvent formé d'un pont de Wheatstone constitué de résistances en couches minces.
35 Cependant, les composants de l'éléments transducteurs peuvent être d'autres composants, par exemple capacitifs ou inductifs, et ils peuvent par exemple former des électrodes

capacitives. Le montage particulier et la réalisation du circuit électronique n'entrent pas dans le cadre de l'invention, car il suffit qu'il s'agisse d'un élément transducteur capable de transformer la déformation en un
5 signal utilisable pour une mesure.

Les capteurs selon l'invention conviennent dans tous les domaines où les capteurs de ce type sont déjà utilisés, notamment pour la mesure des forces, des pressions, des accélérations, des températures, et des déplacements.
10 L'invention permet alors l'exécution de ces mesures avec une meilleure précision (réduction des dérives dues aux variations de température), avec une meilleure sensibilité (réduction de l'épaisseur de la couche), pendant une plus grande durée (meilleure résistance aux produits chimiques
15 et à la détérioration de façon générale), et sur une plus grande plage de températures (- 270 à 600 °C par exemple) par rapport aux capteurs connus. Ils permettent donc une extension très importante des domaines d'application à des milieux dans lesquels ce type de capteurs ne pouvait pas
20 être utilisé.

REVENDICATIONS

1. Capteur, du type qui comporte un organe déformable (18), un élément transducteur (20) sensible à la déformation de l'organe déformable et destiné à transmettre
5 un signal qui dépend de cette déformation, et une structure isolante (24) disposée entre l'organe déformable et l'élément transducteur, caractérisé en ce que la structure isolante (24) comporte au moins une couche de carbone à structure analogue à celle du diamant.
- 10 2. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe déformable (18) est constitué d'un métal ou d'un alliage capable de former un carbure dans des conditions d'application de la structure isolante, et la
15 couche de carbone à structure analogue à celle du diamant de la structure isolante est directement au contact du métal ou de l'alliage.
- 20 3. Capteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le métal est choisi dans le groupe qui comprend l'aluminium, le fer, le titane, le molybdène, le silicium et le germanium.
- 25 4. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe déformable (18) est constitué d'un métal qui ne forme pratiquement pas de carbure dans les conditions d'application de la structure isolante, et la
structure isolante comporte alors, entre la couche de carbone à structure analogue à celle du diamant et l'organe déformable, au moins une couche d'accrochage.
- 30 5. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément transducteur (20) est constitué d'un circuit électronique à couches minces, formant plusieurs composants électriques.
6. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les composants forment un pont de Wheatstone.
- 35 7. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le capteur comporte, sur la face de l'organe déformable opposée à celle qui porte la structure isolante et l'élément transducteur, une autre structure (26) à

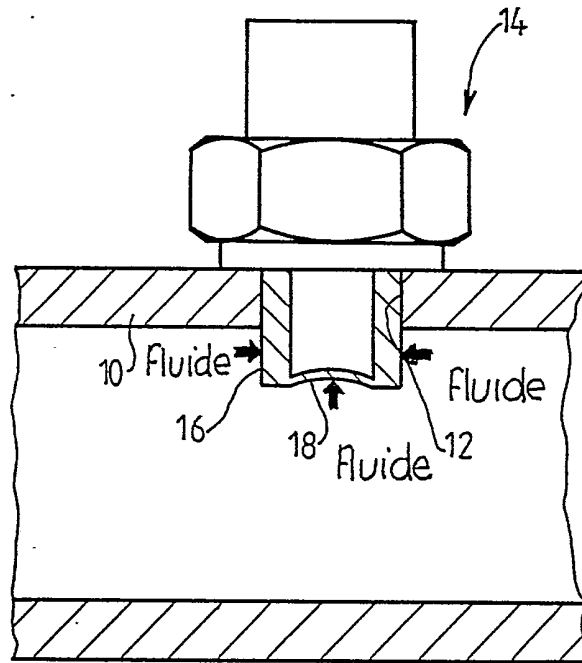
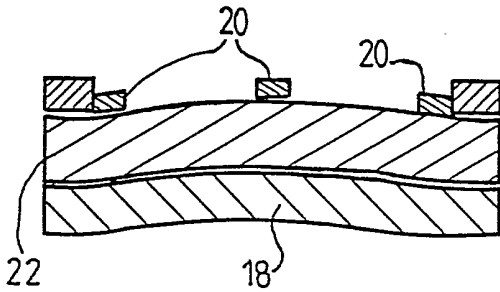
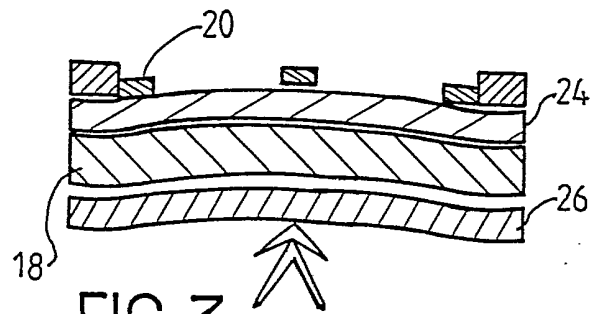
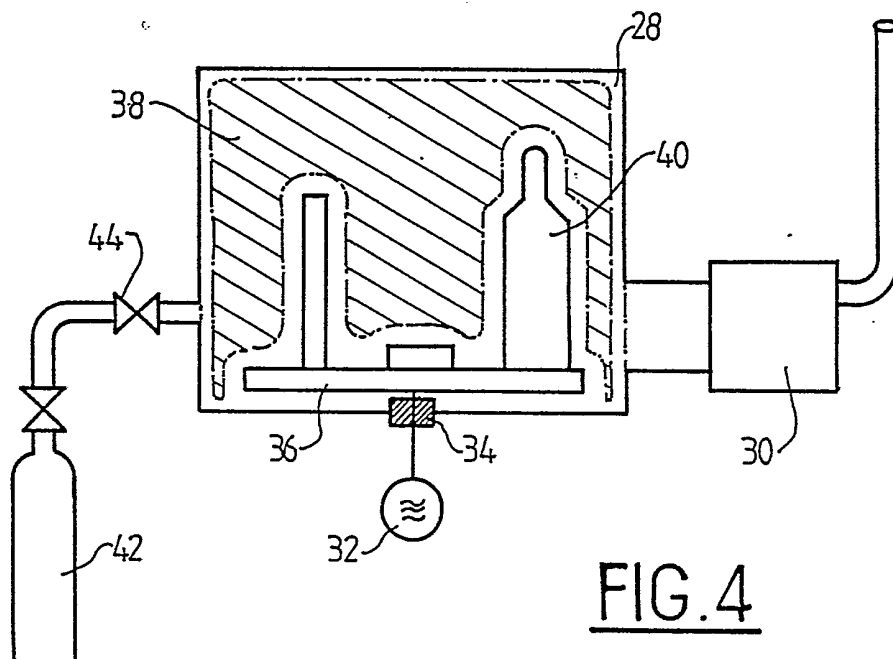
couche de carbone à structure analogue à celle du diamant, destinée à assurer une protection chimique.

8. Capteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche (24) de
5 carbone à structure analogue à celle du diamant a été déposée par un procédé choisi parmi le dépôt chimique en phase vapeur en présence d'un plasma, le dépôt en présence de deux faisceaux électroniques, le dépôt à l'aide d'un magnétron et le dépôt par faisceau moléculaire.

10 9. Capteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que la couche (24) de carbone à structure analogue à celle du diamant a été déposée par dépôt chimique en phase vapeur en présence d'un plasma.

15 10. Application d'un capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 à la détection de forces, de pressions, d'accéléérations, de températures, ou de déplacements.

1 / 1

FIG. 1FIG. 2FIG. 3FIG. 4

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFA 483331
FR 9301791

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US-A-4 768 011 (Y. HATTORI ET AL) * colonne 3, ligne 19 - colonne 5, ligne 18; figures 1-3 *	1,4,6,10
Y	---	7-9
A	---	2,3,5
Y	US-A-3 819 431 (A.D. KURTZ ET AL) * abrégé; figure 5C *	7
Y	--- DATABASE WPI Week 8613, Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 86-085801 & JP-A-61 033 645 (SUMITOMO ELEC. IND. KK ET AL) 17 Février 1986 * abrégé *	8,9
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 11, no. 376 (E-563)8 Décembre 1987 & JP-A-62 145 780 (SUMITOMO ELECTRIC IND. LTD.) 29 Juin 1987 * abrégé *	7
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
		G01L C23C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
8 Novembre 1993		CHAPPLE, I
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général 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		