

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :

2 965 121

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

②① N° d'enregistrement national :

10 57604

⑤① Int Cl⁸ : H 02 B 13/055 (2006.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 22.09.10.

③③ Priorité :

⑦① Demandeur(s) : AREVA T&D SAS Société anonyme —
FR.

⑦② Inventeur(s) : KIEFFEL YANNICK, PICCOZ DANIEL
et GIRODET ALAIN.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 23.03.12 Bulletin 12/12.

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

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦③ Titulaire(s) : AREVA T&D SAS Société anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.

⑤④ UTILISATION DE MELANGES SF₆/FLUOROCÉTONE(S) POUR L'ISOLATION ELECTRIQUE ET/OU
L'EXTINCTION D'ARC ELECTRIQUE.

⑤⑦ L'invention se rapporte à l'utilisation d'un fluide diélec-
trique qui comprend de l'hexafluorure de soufre et au moins
une fluorocétone, en tant que milieu d'isolation électrique
et/ou d'extinction d'arc électrique dans un appareil électri-
que de sous-station de moyenne ou haute tension.

Elle se rapporte également à un appareil électrique de
sous-station de moyenne ou haute tension qui comprend,
en tant que milieu d'isolation électrique et/ou d'extinction
d'arc électrique, un fluide diélectrique comprenant de
l'hexafluorure de soufre et au moins une fluorocétone.

Applications: fabrication de transformateurs, de lignes
pour le transport ou la distribution de l'électricité, de jeux de
barres, d'appareils de connexion/déconnexion (disjonc-
teurs, interrupteurs, sectionneurs combinés interrupteurs-
fusibles, sectionneurs de mise à la terre, contacteurs, etc).

FR 2 965 121 - A1



**UTILISATION DE MELANGES SF₆/FLUOROCETONE(S) POUR
L'ISOLATION ELECTRIQUE ET/OU L'EXTINCTION D'ARC
ELECTRIQUE**

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention se rapporte à l'utilisation d'un fluide diélectrique comprenant de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et une ou plusieurs
10 fluorocétone(s) en tant que milieu d'isolation électrique et/ou d'extinction d'arc électrique dans des appareils électriques de sous-station et, plus précisément, dans des appareils de sous-station de moyenne ou haute tension.

15 L'invention se rapporte également à un appareil électrique de sous-station de moyenne ou haute tension dans lequel l'isolation électrique et/ou l'extinction d'arc électrique est (sont) assurée(s) par un fluide diélectrique comprenant du SF₆ et une ou
20 plusieurs fluorocétone(s).

Dans ce qui précède et ce qui suit, les termes « moyenne tension » et « haute tension » sont utilisés dans leur acceptation habituelle, à savoir que le terme « moyenne tension » désigne une tension qui
25 est supérieure à 1 000 volts en courant alternatif et à 1 500 volts en courant continu mais qui ne dépasse pas 52 000 volts en courant alternatif et 75 000 volts en courant continu, tandis que le terme « haute tension » désigne une tension qui est strictement supérieure à
30 52 000 volts en courant alternatif et à 75 000 volts en courant continu.

L'appareil électrique de sous-station selon l'invention peut notamment être un transformateur électrique tel qu'un transformateur d'alimentation ou de mesure, une ligne aérienne ou sous-terre pour le transport ou la distribution de l'électricité, un jeu de barres ou encore un appareil électrique de connexion/déconnexion (aussi appelé appareil de coupure) tel qu'un disjoncteur, un interrupteur, un combiné interrupteur-fusibles, un sectionneur, un sectionneur de mise à la terre ou un contacteur.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Dans les appareils électriques de sous-station de moyenne ou haute tension, l'isolation électrique et, le cas échéant, l'extinction d'arc électrique sont typiquement assurées par un milieu diélectrique qui est confiné à l'intérieur de ces appareils et qui est soit le vide soit un fluide tel que l'air, l'azote, l'hexafluorure de soufre (SF_6) ou de l'huile, selon la fonction principale de ces appareils et le niveau de performances recherché.

Actuellement, le milieu diélectrique le plus souvent utilisé dans les appareils de coupure de haute tension est le SF_6 .

Ce gaz présente, en effet, une rigidité diélectrique relativement haute, une bonne conductivité thermique (sensiblement équivalente à celle de l'air) et des pertes diélectriques peu élevées. Il est chimiquement inerte, non toxique pour l'homme et les animaux et, après avoir été dissocié par un arc électrique, il se recombine rapidement et presque

totalement. De plus, il est ininflammable et son prix est, encore aujourd'hui, modéré.

Toutefois, le SF₆ a pour inconvénient majeur de présenter un potentiel de réchauffement global (PRG) de 23 900 (relativement au CO₂ sur 100 ans) et une durée de séjour dans l'atmosphère de 3 200 ans, ce qui lui vaut d'être inscrit par le Protocole de Kyoto (1997) sur la liste des gaz dont les émissions doivent être limitées.

Or, le meilleur moyen de limiter les émissions de SF₆ est encore de limiter son utilisation en général et son utilisation en tant que milieu d'isolation électrique et/ou d'extinction d'arc électrique en particulier.

Par ailleurs, les groupes industriels leaders dans le domaine de l'appareillage électrique, qui sont essentiellement européens, américains et japonais, se voient contraints, s'ils veulent accéder à certains marchés étrangers tels que les marchés chinois et indien, de proposer des appareils qui répondent à des normes ou spécifications locales souvent plus sévères, notamment en termes de tenue diélectrique, que les normes imposées par la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) et sur la base desquelles ont été conçus les appareils qu'ils commercialisent actuellement.

Ainsi, par exemple, les normes chinoises exigent que les essais de tenue diélectrique sur la distance de sectionnement soient réalisés, à fréquence industrielle, à 79 kV *versus* 60 kV pour les normes CEI.

Il est donc impératif pour ces groupes industriels soit de concevoir de nouveaux appareils propres à satisfaire à ces normes plus sévères que les normes CEI, ce qui est très long et coûteux, soit de
5 modifier leurs appareils actuels de manière à les rendre encore plus performants.

L'utilisation de milieux gazeux comprenant du SF₆ en mélange avec de 5 à 20% d'azote, de dioxyde de carbone, d'air sec ou de tétrafluorure de carbone a
10 été proposée dans l'optique de limiter l'impact du SF₆ sur l'environnement.

Toutefois, tous ces mélanges ont, à pression comparable, des caractéristiques électriques et thermiques inférieures à celles que présente le SF₆
15 quand il est utilisé pur. De plus, du fait du fort PRG du SF₆, le PRG de ces mélanges reste relativement élevé.

Ainsi, par exemple, un mélange d'azote et de SF₆ dans un rapport volumique de 90/10 présente une
20 rigidité diélectrique en tension alternative (50 Hz) égale à 59% de celle du SF₆ un PRG de l'ordre de 8650.

Il a également été proposé de remplacer le SF₆ par du trifluoroiodométhane (CF₃I) (Nakauchi et al.,
XVI International Conference on Gas Discharge and their
25 *Applications*, Chine, 11-15 septembre 2006, [1]).

En effet, le CF₃I présente une présente une rigidité diélectrique supérieure à celle du SF₆ et ce, aussi bien en champ homogène qu'en champ hétérogène, pour un PRG inférieur à 5 et une durée de séjour dans
30 l'atmosphère de 0,005 année.

Malheureusement, outre que le CF_3I est cher, il possède une valeur moyenne d'exposition (VME) de l'ordre de 3 à 4 ppm et est classé parmi les substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) de catégorie 3, ce qui est rédhibitoire pour une utilisation à une échelle industrielle.

Les Inventeurs se sont donc fixé pour but de trouver une solution aux différents problèmes évoqués ci-dessus.

10 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

Ce but et d'autres encore sont atteints par l'invention qui propose, en premier lieu, d'utiliser un fluide diélectrique comprenant de l'hexafluorure de soufre et une ou plusieurs fluorocétone, en tant que milieu d'isolation électrique et/ou d'extinction d'arc électrique dans un appareil électrique de sous-station de moyenne ou haute tension.

En effet, dans le cadre de leurs travaux, les Inventeurs ont constaté que les fluorocétone, qui ne sont pas toxiques, qui se dégradent très rapidement dans l'atmosphère en raison de la sensibilité aux ultraviolets que présente la double liaison du groupe cétone qu'elles comportent et qui ont, de ce fait, un PRG proche de 1 (Taniguchi et al., *J. Phys. Chem. A*, 2003, 107, 2674-2679 [2]), sont dotées de propriétés de tenue diélectrique et de tenue aux décharges partielles meilleures que celles du SF_6 et peuvent, à ce titre, être utilisées en mélange avec ce dernier pour améliorer les performances d'appareils électriques initialement conçus pour fonctionner sous SF_6 tout en

réduisant la quantité de SF_6 utilisée dans ces appareils.

Ainsi, à titre d'exemple, des essais de tenue électrique réalisés sur un appareil de distribution électrique de moyenne tension Fluokit™ M24+ d'AREVA T & D ont montré que la fluorocétone de formule brute $\text{C}_6\text{F}_{12}\text{O}$ et de formule semi-développée $\text{CF}_3\text{-CO-CF-(CF}_3)_2$, qui sera appelée plus simplement C6K dans ce qui suit, présente, à 20°C et sous une pression absolue de 30 kPa, une tenue aux chocs de foudre de 223 kVc alors que, dans les mêmes conditions, la tenue aux chocs de foudre du SF_6 n'est que de 180 kVc.

Par ailleurs, des essais de tenue aux décharges partielles, également réalisés sur un appareil Fluokit™ M24+ d'AREVA T & D, ont montré que le seuil d'extinction obtenu avec la fluorocétone C6K est de 34 kVef alors que, dans les mêmes conditions, il n'est que de 20 kVef avec le SF_6 .

Conformément à l'invention, la (les) fluorocétone(s) présente(s) dans le fluide diélectrique est (sont), de préférence, choisie(s) parmi les fluorocétones ayant un nombre total d'atomes de carbone allant de 3 à 8, ces fluorocétones pouvant comprendre une ou plusieurs fonctions cétones.

Plus encore, on préfère choisir la (les) fluorocétone(s) parmi les fluorocétones qui répondent à la formule brute $\text{C}_n\text{F}_{2n}\text{O}$ dans laquelle n est un nombre entier allant de 3 à 8.

En pratique, ces fluorocétones sont :

- la fluorocétone de formule brute $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ et de formule semi-développée $\text{CF}_3\text{-CO-CF}_3$, qui sera appelée

plus simplement C3K dans ce qui suit, qui sera appelée plus simplement C3K dans ce qui suit ;

- la fluorocétone de formule brute C_4F_8O et de formule semi-développée $CF_3-CO-CF_2-CF_3$, qui sera
5 appelée plus simplement C4K dans ce qui suit ;

- la fluorocétone de formule brute $C_5F_{10}O$ et de formule semi-développée $CF_3-CO-CF-(CF_3)_2$, qui sera appelée plus simplement C5K dans ce qui suit ;

- la fluorocétone C6K précédemment
10 évoquée ;

- les fluorocétone(s) de formule brute $C_7F_{14}O$ et de formules semi-développées $CF_3-CF_2-CF_2-CO-CF_2-CF_2-CF_3$, $CF_3-CF_2-CF_2-CO-CF-(CF_3)_2$ et $(CF_3)_2-CF-CO-CF-(CF_3)_2$;
et

- les fluorocétone(s) de formule brute $C_8F_{16}O$ et de formules semi-développées $CF_3-CF_2-CF_2-CF_2-CO-CF_2-CF_2-CF_3$, $CF_3-CF_2-CF_2-CF_2-CO-CF-(CF_3)_2$ et $(CF_3)_2-CF-CF_2-CO-CF-(CF_3)_2$.
15

La (les) fluorocétone(s) présente(s) dans
20 le fluide diélectrique et les proportions dans lesquelles elle(s) est (sont) présente(s) dans ce fluide sont avantageusement choisies en fonction de la plage de températures de fonctionnement de l'appareil électrique dont on souhaite améliorer les performances.

25 Ainsi, par exemple, si l'on souhaite améliorer en priorité les performances diélectriques de l'appareil électrique et, notamment, sa tenue diélectrique et/ou sa tenue aux décharges partielles dans la gamme des températures d'utilisation de cet
30 appareil, on utilisera, de préférence, une (des) fluorocétone(s) présentant une masse moléculaire faible

à moyenne, c'est-à-dire à dire, en pratique, dont la molécule ne comprend pas plus de 6 atomes de carbone, et ce, à une pression partielle inférieure à sa (leur) pression de vapeur saturante de sorte que cette (ces) fluorocétone(s) puisse(nt) être exclusivement ou quasi exclusivement à l'état gazeux dans cette gamme de températures.

Des fluides diélectriques destinés à améliorer les performances diélectriques de cet appareil seront donc plutôt des mélanges de SF₆ et d'une ou plusieurs fluorocétone(s) ayant un nombre total d'atomes de carbone de carbone allant de 3 à 6 comme, par exemple, des mélanges de SF₆ et de C3K, C4K, C5K et/ou C6K.

Conformément à l'invention, le fluide diélectrique peut comprendre, de plus, au moins un gaz qui n'est ni du SF₆ ni une fluorocétone, ce qui permet de réduire encore la quantité de SF₆ utilisée dans l'appareil électrique sans pour autant augmenter celle de la fluorocétone.

Auquel cas, ce gaz est, de préférence, choisi parmi les gaz qui présentent, d'une part, une température d'ébullition très basse, c'est-à-dire typiquement égale ou inférieure à -50°C à la pression normale (101,3 kPa), et, d'autre part, une tenue aux décharges partielles qui est au moins égale à celle que présente l'azote (N₂) dans des conditions d'essai strictement identiques (même appareillage, même configuration géométrique, mêmes paramètres opératoires,) à celles utilisées pour mesurer la rigidité diélectrique dudit gaz.

De plus, on préfère que ce gaz ne soit pas toxique, c'est-à-dire qu'il ne soit pas classé parmi les substances considérées comme cancérigènes, mutagènes et/ou toxiques pour la reproduction par le
5 Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008, et qu'il présente, par ailleurs, un PRG faible, c'est-à-dire typiquement égal ou inférieur à 500 et, mieux encore, égal ou inférieur à 10.

10 Des gaz qui présentent l'ensemble de ces propriétés sont, par exemple, l'air (PRG de 0), l'azote (PRG de 0), l'hélium (PRG de 0), le dioxyde de carbone (PRG de 1), l'oxygène (PRG de 0) et le protoxyde d'azote (PRG de 310), préférence étant donnée à l'azote
15 et au dioxyde de carbone.

Dans tous les cas, la fluorocétone ou la totalité des fluorocétones présentes dans le fluide diélectrique représente au minimum 1% en volume du volume total de ce fluide, ledit fluide pouvant
20 contenir jusqu'à 99% volumiques de fluorocétone(s) en fonction de la ou des fluorocétones utilisées, de la tension assignée de l'appareil électrique et des spécifications auxquelles cet appareil doit répondre.

Ainsi, par exemple, pour un appareil
25 électrique de haute tension, les proportions volumiques de fluorocétone(s) seront typiquement de 3 à 30% tandis que, pour un appareil électrique de moyenne tension, elles seront généralement plus élevées, typiquement de 10 à 70%.

30 L'invention a également pour objet un appareil électrique de sous-station de moyenne ou haute

tension, qui comprend une enveloppe fermée dans laquelle se trouvent des composants électriques ainsi qu'un fluide diélectrique assurant l'isolation électrique et/ou l'extinction d'arc électrique au sein
5 de cette enveloppe, et qui est caractérisé en ce que ce fluide comprend de l'hexafluorure de soufre et au moins une fluorocétone.

Les caractéristiques du fluide diélectrique présent dans cet appareil sont telles que précédemment
10 décrites à propos de l'utilisation de ce fluide.

Conformément à l'invention, l'appareil électrique peut être, en premier lieu, un transformateur électrique comme, par exemple, un transformateur d'alimentation ou un transformateur de
15 mesure.

Il peut également être une ligne pour le transport ou la distribution de l'électricité ou un jeu de barres.

Enfin, il peut aussi être un appareil
20 électrique de connexion/déconnexion (ou appareil de coupure) comme, par exemple, un disjoncteur, un interrupteur, un sectionneur, un combiné interrupteur-fusibles, un sectionneur de mise à la terre ou un contacteur.

25 **EXEMPLE DE MISE EN ŒUVRE DE L'INVENTION**

Un interrupteur de moyenne tension du type GIS d'AREVA T&D, modifié dans le but de simplifier son architecture et de réduire son coût, a été rempli de SF₆ à une pression de 1,2 bar absolu. Sa tenue
30 diélectrique sous choc de foudre a été mesurée

conformément à la norme CEI 62271-1. Elle est de 119 kV.

Puis, le SF₆ présent dans cet appareil a été remplacé par un milieu comprenant 1,01 bar de SF₆, 30 mbars de C6K et 160 mbars de C4K. Sa tenue diélectrique sous choc de foudre a été mesurée conformément à la norme CEI 62271-1. Elle est supérieure ou égale à 125 kV, soit un gain en termes de tenue diélectrique d'au moins 5% pour une diminution de la quantité de SF₆ utilisée de 15%.

REFERENCES CITEES

- [1] S. Nakauchi, D. Tosu, S. Matsuoka, A. Kumada et K. Hidaka, « Breakdown characteristics measurement of non-uniform field gap in SF₆-N₂, CF₃I-N₂ and CF₃I-CO₂ gas mixtures by using square pulse voltage », XVI International Conference on Gas Discharge and their Applications, Chine, 11-15 septembre 2006
- [2] N. Taniguchi, T. J. Wallington, M. D. Hurley, A. G. Guschin, L. T. Molina et M. J. Molina, « Atmospheric Chemistry of C₂F₅C(O)CF(CF₃)₂: Photolysis and Reaction with Cl atoms, OH radicals and Ozone », *J. Phys. Chem. A*, 2003, 107, 2674-2679

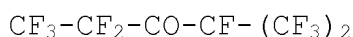
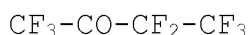
REVENDICATIONS

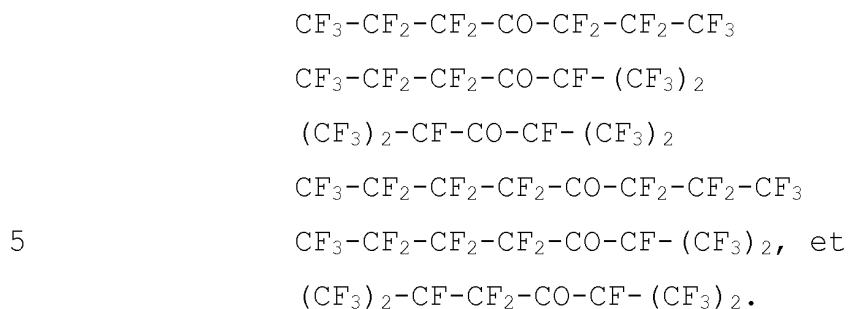
1. Utilisation d'un fluide diélectrique comprenant de l'hexafluorure de soufre et une ou
5 plusieurs fluorocétone(s), en tant que milieu d'isolation électrique et/ou d'extinction d'arc électrique dans un appareil électrique de sous-station de moyenne ou haute tension.

10 2. Utilisation selon la revendication 1, dans laquelle la (les) fluorocétone(s) présente(s) dans le fluide diélectrique est (sont) choisie(s) parmi les fluorocétone(s) ayant un nombre total d'atomes de carbone allant de 3 à 8 carbones et une ou plusieurs fonctions
15 cétones.

3. Utilisation selon la revendication 2, dans laquelle la (les) fluorocétone(s) présente(s) dans le fluide diélectrique est (sont) choisie(s) parmi les
20 fluorocétone(s) qui répondent à la formule brute $C_nF_{2n}O$ dans laquelle n est un nombre entier allant de 3 à 8.

4. Utilisation selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans laquelle la (les)
25 fluorocétone(s) présente(s) dans le fluide diélectrique est (sont) choisie(s) parmi les fluorocétone(s) qui répondent aux formules semi-développées ci-après :

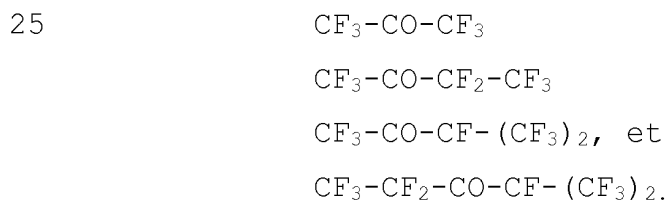




5. Utilisation selon la revendication 1,
dans laquelle la (les) fluorocétone(s) est (sont)
10 présente(s) dans le fluide électrique exclusivement ou
quasi exclusivement à l'état gazeux dans la gamme des
températures d'utilisation de l'appareil électrique.

6. Utilisation selon la revendication 5,
15 dans laquelle le fluide diélectrique est un mélange
d'hexafluorure de soufre et d'une ou plusieurs
fluorocétone(s) ayant un nombre total d'atomes de carbone
de carbone allant de 3 à 6.

20 7. Utilisation selon la revendication 6,
dans laquelle le fluide diélectrique est un mélange
d'hexafluorure de soufre et d'une ou plusieurs
fluorocétone(s) choisies parmi les fluorocétone(s) qui
répondent aux formules semi-développées ci-après :



30 8. Utilisation selon l'une quelconque des
revendications précédentes, dans laquelle le fluide

diélectrique comprend, de plus, au moins un gaz qui n'est ni de l'hexafluorure de soufre ni une fluorocétone.

5 9. Utilisation selon la revendication 8, dans laquelle le gaz est choisi parmi l'air, l'azote, l'oxygène, l'hélium, le dioxyde de carbone et le protoxyde d'azote.

10 10. Utilisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la fluorocétone ou la totalité des fluorocétones présentes dans le fluide diélectrique représente de 1% à 99% en volume du volume total du fluide diélectrique.

15 11. Appareil électrique de sous-station de moyenne ou haute tension, qui comprend une enveloppe fermée dans laquelle se trouvent des composants électriques ainsi qu'un fluide diélectrique assurant
20 l'isolation électrique et/ou l'extinction d'arc électrique au sein de cette enveloppe, et qui est caractérisé en ce que ce fluide comprend de l'hexafluorure de soufre et au moins une fluorocétone.

25 12. Appareil électrique selon la revendication 11, qui est un transformateur électrique, une ligne pour le transport ou la distribution de l'électricité, un jeu de barres, un disjoncteur, un interrupteur, un sectionneur, un combiné interrupteur-
30 fusibles, un sectionneur de mise à la terre ou un contacteur.



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 742092
FR 1057604

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		
A	EP 1 146 522 A1 (HITACHI LTD [JP]) 17 octobre 2001 (2001-10-17) * revendication 1 *	1,11	H02B13/055
A	JP 2005 126480 A (THREE M INNOVATIVE PROPERTIES) 19 mai 2005 (2005-05-19) * figure 3 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 janvier 2011		Castanheira Nunes, F	
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 1057604 FA 742092**

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 **17-01-2011**

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
EP 1146522	A1	17-10-2001	CN 1329744 A 02-01-2002
			WO 0028555 A1 18-05-2000
			JP 4134403 B2 20-08-2008
			JP 2000152447 A 30-05-2000

JP 2005126480	A	19-05-2005	AUCUN
