

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.02.02.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 22.08.03 Bulletin 03/34.

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) : *RENAULT Société anonyme* — FR.

72 Inventeur(s) : LACIRE ERIC.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET PHILIPPE KOHN.

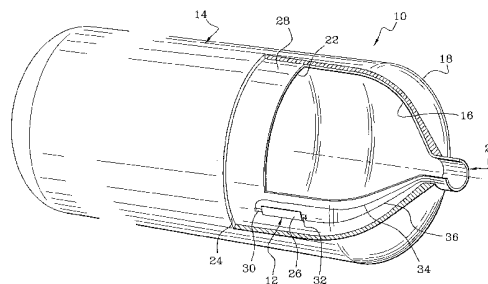
54 PROCEDE DE DETERMINATION DE LA TEMPERATURE INSTANTANEE D'UN GAZ SOUS PRESSION,
NOTAMMENT D'UN GAZ POUR UNE PILE A COMBUSTIBLE.

57 L'invention propose un procédé pour déterminer cycliquement la température instantanée (T_{gaz}) d'un gaz sous pression contenu dans un récipient (10) caractérisé en ce qu'il comporte, pour un cycle quelconque (CN):

-a) une première étape (E1) de mesure d'une première température intermédiaire ($T_{i1(\text{CN})}$), en un point de mesure situé dans l'épaisseur de la paroi (14) ou à la surface externe (18) de celle-ci, au moyen d'un dispositif de mesure de la température (12); et

-b) une deuxième étape (E2) de mesure d'une deuxième température intermédiaire ($T_{i2(\text{CN})}$) audit point de mesure; et

-c) une troisième étape (E3) de détermination de la température (T_{gaz}) de la surface interne (16) de la paroi (14) du récipient (10) par calcul, notamment à partir desdites première et deuxième températures intermédiaires ($T_{i1(\text{CN})}$, $T_{i2(\text{CN})}$).



**« Procédé de détermination de la température instantanée
d'un gaz sous pression, notamment d'un gaz pour une pile à
combustible »**

L'invention concerne un procédé pour déterminer
5 cycliquement la température instantanée d'un gaz sous pression
contenu dans un récipient.

L'invention concerne plus particulièrement un procédé pour
déterminer cycliquement la température instantanée d'un gaz
sous pression contenu dans un récipient dont la paroi est
10 délimitée par une surface interne et une surface externe, et
comportant au moins une entrée d'alimentation.

Ce type de réservoir de stockage de gaz sous pression est
notamment utilisé dans des véhicules propulsés par :

- un moteur à combustion interne alimenté au gaz naturel
15 ou autre ;

- une pile à combustible alimentée par de l'hydrogène
stocké sous forme comprimée ou fabriqué dans un reformeur
embarqué, à partir de gaz naturel stocké sous forme comprimée.

L'alimentation en gaz de tels véhicules est prévue pour
20 être réalisée par un procédé d'alimentation qui permet le
remplissage du réservoir à un débit de gaz dit normal ou nominal.

Il existe également des procédés d'alimentation en gaz du
réservoir permettant d'augmenter le débit de gaz afin de remplir
le réservoir plus rapidement.

25 Le réservoir est considéré comme rempli lorsque sa
pression interne atteint une pression de seuil. Selon un procédé
d'alimentation employé, la température du gaz à la fin du
remplissage du réservoir est proportionnelle à la vitesse de
remplissage. Par exemple, le gaz peut atteindre 50°C lors du
30 remplissage du réservoir à un débit normal, mais il peut atteindre
100°C ou plus à la fin d'un remplissage à grand débit.

Il n'est pas connu de déterminer la température du gaz
contenu dans des réservoirs de ce type. Compte tenu des
variations importantes de la température du gaz, notamment lors

des phases de remplissage, l'absence d'information sur la température du gaz contenu dans le réservoir présente plusieurs inconvénients.

Ainsi la détermination de la masse d'un gaz nécessite de
5 connaître le volume du contenant, la pression du gaz et sa température. Or, la masse de gaz contenue dans ce type de réservoir est actuellement estimée à partir du volume du réservoir, de la mesure de pression à l'entrée d'alimentation du réservoir et d'une température de référence fixée à 15°C. Les
10 variations importantes de la température réelle du gaz par rapport à la température de référence lors du remplissage du réservoir se répercutent de manière sensible sur l'estimation de la masse réelle de gaz contenue dans le réservoir.

Le fait de ne pas connaître la température du gaz,
15 notamment lors des phases de remplissage, produit donc une erreur de jaugeage non négligeable, qui est notamment proportionnelle au débit de gaz avec lequel le réservoir est rempli.

Pour des raisons de sécurité liées à la structure du
20 réservoir, sa température interne ne doit pas s'élever au delà d'une température critique. Il peut ainsi être préjudiciable pour le véhicule et ses passagers de ne pas connaître la température du gaz contenu dans le réservoir, notamment après un remplissage à grand débit.

25 Dans le but d'apporter une solution à ces problèmes, l'invention propose un procédé du type décrit précédemment, caractérisé en ce qu'il comporte une première étape de mesure d'une première température intermédiaire, en un point situé dans l'épaisseur de la paroi du récipient au moyen d'un dispositif de
30 mesure, une deuxième étape de mesure d'une deuxième température intermédiaire audit point de mesure, et une troisième étape de détermination de la température du gaz contenu dans le récipient.

Selon d'autres caractéristiques du procédé selon l'invention :

- le procédé est réalisé cycliquement selon une fréquence d'échantillonnage proportionnelle au coefficient de diffusivité du matériau constituant localement la paroi du réservoir ;
- lors du premier cycle de détermination de la température du gaz, la première mesure de la température intermédiaire est une mesure nouvelle, et lors des cycles suivants, la première étape d'un cycle constitue la seconde étape du cycle précédent ;
- les étapes de chaque cycles sont distinctes ;
- la première étape d'un cycle de référence constitue la première étape des cycles suivants ;
- le récipient est un réservoir de stockage de gaz sous pression qui a la forme d'une bouteille cylindrique ;
- la paroi du réservoir comporte deux couches formant une enveloppe intérieure et une enveloppe extérieure ;
- l'enveloppe extérieure comporte au moins une couche de matériau composite ;
- la température intermédiaire est mesurée à la surface périphérique externe de l'enveloppe intérieure ;
- le dispositif de mesure de la température comporte une thermistance ;
- la thermistance est constituée d'un filament de métal dont les deux extrémités sont reliées à deux fils électriques et qui est disposée selon une direction axiale du réservoir.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, pour la compréhension de laquelle on se reportera au dessin annexé, dans lequel :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective d'un réservoir de gaz sous pression équipé d'un dispositif de mesure de la température selon les enseignements de l'invention.

La figure 1 représente un réservoir 10 équipé d'un dispositif 12 de mesure de la température selon les

enseignements de l'invention. Il s'agit ici d'un réservoir 10 qui a globalement la forme d'une bouteille cylindrique et de section transversale circulaire. Il comporte une paroi 14 continue d'épaisseur sensiblement constante qui est délimitée par une surface interne 16 et par une surface externe 18 et qui forme à une extrémité du réservoir 10 un goulot d'alimentation ou de remplissage 20.

La paroi 14 est ici constituée de deux couches formant respectivement une enveloppe intérieure 22 et une enveloppe extérieure 24. Dans un mode de réalisation, l'enveloppe intérieure 22 est constituée de matériau composite ou de métal, qui est avantageusement de l'aluminium.

Selon les enseignements de l'invention, le réservoir 10 est équipé d'un dispositif 12 de mesure de la température entre les deux enveloppes 22 et 24 et plus particulièrement de la température à la surface périphérique externe 28 de l'enveloppe intérieure 22.

Un mode de réalisation du dispositif 12 est représenté à la figure 1. Il comporte notamment une thermistance 26, qui est ici une mèche 26 constituée d'un matériau dont la résistance électrique varie avec la température. La mèche 26 peut être par exemple constituée de fibres de carbone ou de métal.

La mèche 26 est plaquée contre la surface périphérique externe 28 de l'enveloppe intérieure 22 et elle orientée selon une direction axiale du réservoir 10 qui est la direction dans laquelle le réservoir 10 subit le moins de déformations sous la force exercée par la pression interne. Les extrémités 30 et 32 de la mèche 26 sont reliées chacune à un fil conducteur 34 et 36.

L'enveloppe extérieure 24 recouvre à la fois la surface périphérique externe 28 de l'enveloppe intérieure 22 et le dispositif 12. L'enveloppe extérieure 24 est destinée à augmenter les propriétés de résistance mécanique du réservoir 10, notamment la résistance à la pression exercée sur la surface interne 16 du réservoir 10 par le gaz comprimé. Elle sert

également a protéger le réservoir 10 des chocs externes. A cet effet elle est avantageusement constituée de matériau composite.

Les fils conducteurs 34 et 36 du dispositif 12 sont agencés entre l'enveloppe intérieure 22 et l'enveloppe extérieure 24 de manière à sortir de la paroi 14, par exemple au niveau du goulot d'alimentation 20.

La configuration précédemment décrite permet au dispositif 12 de mesurer la température dans l'épaisseur de la paroi 14, et plus particulièrement à la surface périphérique externe 28 de l'enveloppe intérieure 22 du réservoir 10. Pour ce faire, les deux fils conducteurs 34 et 36 forment un circuit électrique en reliant la thermistance 26 en série avec un générateur de courant (non représenté) selon un agencement de ce type de thermistance.

La thermistance permet ainsi de mesurer une température dite intermédiaire T_i .

Selon l'invention, le procédé de détermination cyclique de la température instantanée du gaz T_{gaz} à l'intérieur du réservoir 10 comporte, pour un cycle numéroté CN, trois étapes E1, E2 et E3 :

- une première étape E1 de mesure d'une première température intermédiaire T_{i1CN} par le dispositif de mesure 12, en un point qui est ici à la surface périphérique externe 28 de l'enveloppe intérieure 22 ;

- une deuxième étape E2 de mesure d'une deuxième température intermédiaire T_{i2CN} audit point de mesure par le même dispositif de mesure 12 ; et

- une troisième étape E3 de détermination de la température T_{gaz} à la surface interne 16 de la paroi 14 du réservoir 10 par calcul.

Les deux premières étapes E1 et E2 de mesure des températures intermédiaires T_{i1CN} et T_{i2CN} se déroulent comme suit :

-a) le générateur de courant produit un courant d'une intensité connue I qui circule dans la thermistance 26 ;

-b) la thermistance 26 dans l'épaisseur de la paroi 14, est à la même température T_{i1CN} ou T_{i2CN} que la surface périphérique 28 de l'enveloppe intérieure 22. Elle a une résistance électrique inconnue $R(T)$ qui est fonction de sa température T_{i1CN} ou T_{i2CN} .

5 Un voltmètre (non représenté) permet de mesurer la différence de potentiel $U(T)$ entre les deux extrémités 30 et 32 de la thermistance 26 ;

-c) la résistance $R(T)$ est déterminée en divisant la différence de potentiel $U(T)$ par l'intensité I .

10 -d) la résistance $R(T)$ permet d'obtenir la résistivité ρ de la mèche à partir de l'équation 1 suivante :

$$\rho(T) = \frac{R(T) \cdot S}{L}$$

dans laquelle L et S désignent respectivement la longueur de la thermistance 26 et sa section transversale ;

15 -e) les températures intermédiaires T_{i1CN} et T_{i2CN} sont obtenues, en unité Kelvin, à partir de l'équation 2 suivante :

$$T = \frac{\rho(T) - \rho_0}{a_0 \cdot \rho_0}$$

dans laquelle ρ_0 et a_0 sont respectivement la résistivité à 0°C et le coefficient de température du matériau constituant la thermistance.

20 La troisième étape E3 utilise, pour la détermination de la température du gaz T_{gaz} , l'équation de diffusion de la chaleur de la surface interne 16 jusqu'à la surface périphérique externe 28 de l'enveloppe intérieure 22.

25 L'équation 3 qui régit ce phénomène est la suivante :

$$T_{gaz} = \frac{T_{i2(CN)} - T_{i1(CN)} \cdot \text{erf}(u)}{1 - \text{erf}(u)}$$

dans laquelle $T_{i1(CN)}$ et $T_{i2(CN)}$ sont respectivement la première et la deuxième mesure de la température intermédiaire d'un cycle CN du procédé et $\text{erf}(u)$ est la fonction d'erreur $\text{erf}(u) =$

30 $\frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \int_0^u e^{-u^2} \cdot du$, dans laquelle u désigne l'équation 4 suivante

$$u = \frac{x}{2\sqrt{a.t}}$$

dans laquelle a désigne le coefficient de diffusivité de la paroi du réservoir, x l'épaisseur locale de l'enveloppe intérieure 22 au point de mesure et t le temps écoulé entre les deux mesures

5 $T_{i1(CN)}$ et $T_{i2(CN)}$.

Il existe trois variantes pour réaliser le procédé selon l'invention.

La première variante consiste à enchaîner les étapes E1, E2 et E3 cycliquement en réalisant chronologiquement une
10 première mesure nouvelle de la température $T_{i1(CN)}$ au cours de l'étape E1, puis une seconde mesure nouvelle de la température $T_{i2(CN)}$ au cours de l'étape E2 puis, à partir de ces deux mesures nouvelles $T_{i1(CN)}$ et $T_{i2(CN)}$, à déterminer la température interne T_{gaz} lors de la troisième étape E3. Ce cycle tel qu'il est décrit peut
15 ensuite être réitéré autant de fois que nécessaire. Cette variante est adaptée avantageusement à des variations fréquentes de températures dans le réservoir.

Dans une seconde variante du procédé, un cycle d'initialisation C1 se déroule selon la première variante. Les
20 cycles ultérieurs CN, à partir de C2, se déroulent comme suit. La seconde mesure nouvelle de température $T_{i2(CN-1)}$ constitue la première mesure de la température $T_{i1(CN)}$ du cycle suivant. Ainsi dans cette variante, la première étape E1 d'un cycle CN se confond avec la deuxième étape E2 du cycle CN-1. Lors de la
25 seconde étape E2, la seconde mesure nouvelle de la température $T_{i2(CN)}$ est réalisée. La détermination de la température interne T_{gaz} est réalisée lors de la troisième étape E3. L'avantage de cette variante est que le nombre de prises de mesures est limité et qu'elle est adaptée à des variations fréquentes de température
30 à l'intérieur du réservoir.

La troisième variante du procédé est initialisée par un cycle de référence CR réalisé selon la première variante. Puis les cycles CN ($N > R$) suivants sont réalisés comme suit. La première

mesure de la température $T_{i1(CN)}$ est la première mesure de température du cycle de référence $T_{i1(CR)}$. Puis une seconde mesure nouvelle de la température $T_{i2(CN)}$ est réalisée. La détermination de la température interne T_{gaz} est réalisée lors de la troisième étape E3. L'avantage de cette variante est que l'écart de temps entre deux mesures de températures permet d'obtenir une extrapolation meilleure de la température interne T_i . Le cycle de référence peut être réalisé avant chaque variation de température prévisible dans le réservoir 10, et notamment avant et après chaque remplissage.

Quelle que soit la variante, la détermination de la température interne T_{gaz} est avantageusement réalisée cycliquement selon une fréquence d'échantillonnage proportionnelle au coefficient de diffusivité a du matériau constituant localement la paroi 14 du récipient 10.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour déterminer cycliquement la température instantanée (T_{gaz}) d'un gaz sous pression contenu dans un récipient (10) dont la paroi (14) est délimitée par une surface interne (16) et une surface externe (18) et comportant au moins une entrée d'alimentation (20), chaque cycle étant numéroté chronologiquement de (C1) à (CN),

caractérisé en ce qu'il comporte, pour un cycle quelconque (CN) :

10 -a) une première étape (E1) de mesure d'une première température intermédiaire ($T_{i1(\text{CN})}$), en un point de mesure situé dans l'épaisseur de la paroi (14) ou à la surface externe (18) de celle-ci, au moyen d'un dispositif de mesure de la température (12) ; et

15 -b) une deuxième étape (E2) de mesure d'une deuxième température intermédiaire ($T_{i2(\text{CN})}$) audit point de mesure ; et

 -c) une troisième étape (E3) de détermination de la température (T_{gaz}) de la surface interne (16) de la paroi (14) du récipient (10) par calcul à partir :

20 - desdites première et deuxième températures intermédiaires ($T_{i1(\text{CN})}$, $T_{i2(\text{CN})}$) ;

 - de l'épaisseur de la paroi (14) du récipient (10) entre le point de mesure et la surface interne (16) de la paroi (14) du récipient (10) ; et

25 - des propriétés mécaniques et thermiques du ou des matériaux constituant localement la paroi (14) du récipient (10) entre le point de mesure et la surface interne (16) de la paroi (14) du récipient (10).

2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il est réalisé cycliquement selon une fréquence d'échantillonnage proportionnelle au coefficient de diffusivité (α) du matériau constituant localement la paroi (14) du récipient (10).

3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que :

- lors du premier cycle (C_1) de détermination de la température instantanée du gaz (T_{gaz}), les mesures de la première température intermédiaire ($T_{i1(C_1)}$) et de la deuxième température intermédiaire ($T_{i2(C_1)}$) sont des mesures distinctes et nouvelles ;

5 - lors des cycles suivants (CN) de détermination de la température instantanée du gaz (T_{gaz}), la mesure de la première température intermédiaire ($T_{i1(CN)}$) est la mesure de la deuxième température intermédiaire ($T_{i2(CN-1)}$) du cycle précédent (CN-1).

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que
10 pour chaque cycle (CN) de détermination de température, les mesures de température ($T_{i1(CN)}$) et ($T_{i2(CN)}$) sont nouvelles.

5. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que, pour chaque cycle (CN) succédant à un cycle de référence (CR), la mesure de la première température intermédiaire ($T_{i1(CN)}$) est
15 confondue avec la mesure de la première température intermédiaire ($T_{i1(CR)}$) dudit cycle de référence (CR).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le récipient (10) est un réservoir (10) de stockage de gaz sous pression qui a la forme
20 d'une bouteille cylindrique et qui est embarqué à bord d'un véhicule automobile.

7. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la paroi (14) du réservoir comporte deux couches formant respectivement une enveloppe intérieure (22), délimitée
25 extérieurement par une surface périphérique externe (28) et une enveloppe extérieure (24) de renfort.

8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'enveloppe extérieure (24) de renfort comporte au moins une couche de matériau composite.

30 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que ladite température intermédiaire ($T_{i1(CN)}$, $T_{i2(CN)}$) est mesurée à la surface périphérique externe (28) de l'enveloppe intérieure (22) du réservoir (10).

10. Dispositif de mesure de la température (12) pour la mise en œuvre du procédé selon les revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte une thermistance (26) dont la résistivité électrique varie en fonction de la température.

- 5 11. Dispositif de mesure de la température (12) selon la revendication précédente prise en combinaison avec l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que la thermistance (26) est constituée d'un filament de métal dont les deux extrémités (30, 32) sont reliées à deux fils électriques (34, 10 36) et qui est disposée selon une direction axiale du réservoir (10) entre l'enveloppe intérieure (22) et l'enveloppe extérieure (24) de renfort.

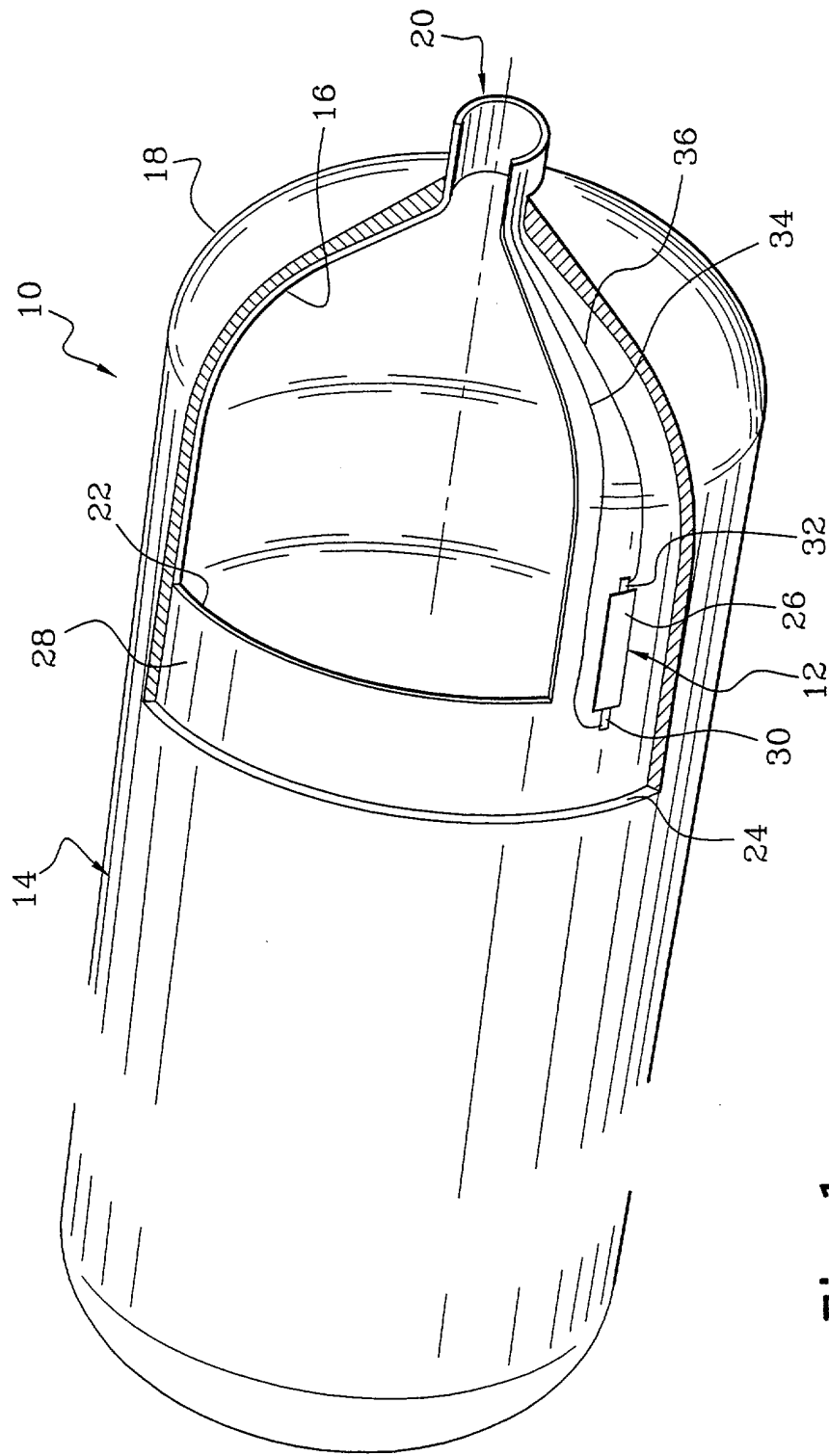


Fig. 1

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

FA 614412
FR 0201894

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	EP 0 322 338 A (EMERSON ELECTRIC CO) 28 juin 1989 (1989-06-28) * colonne 2, ligne 38 - colonne 2, ligne 59; figure 1 *	10,11	F17C13/02 G01K7/22
X	DE 44 44 594 A (NGK INSULATORS LTD) 22 juin 1995 (1995-06-22) * revendication 1; figure 1 *	10	
A	EP 0 340 309 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 8 novembre 1989 (1989-11-08) * revendications 1,9 *	1-11	
A	GB 2 293 893 A (FORD MOTOR CO) 10 avril 1996 (1996-04-10) * revendication 2 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G01K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 octobre 2002		Thomte, M	
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 0201894 FA 614412**

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 d'09-10-2002

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 0322338	A	28-06-1989	US 4841273 A	20-06-1989
			CA 1314730 A1	23-03-1993
			EP 0322338 A2	28-06-1989
			JP 1200601 A	11-08-1989
DE 4444594	A	22-06-1995	JP 7167714 A	04-07-1995
			DE 4444594 A1	22-06-1995
			GB 2284932 A , B	21-06-1995
EP 0340309	A	08-11-1989	EP 0340309 A1	08-11-1989
			WO 8903021 A1	06-04-1989
			JP 1884727 C	10-11-1994
			JP 2077622 A	16-03-1990
			JP 6007064 B	26-01-1994
			US 5022263 A	11-06-1991
GB 2293893	A	10-04-1996	DE 69504858 D1	22-10-1998
			DE 69504858 T2	11-02-1999
			EP 0784742 A1	23-07-1997
			WO 9611332 A1	18-04-1996