

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/136727 A1

(43) Date de la publication internationale
2 décembre 2010 (02.12.2010)

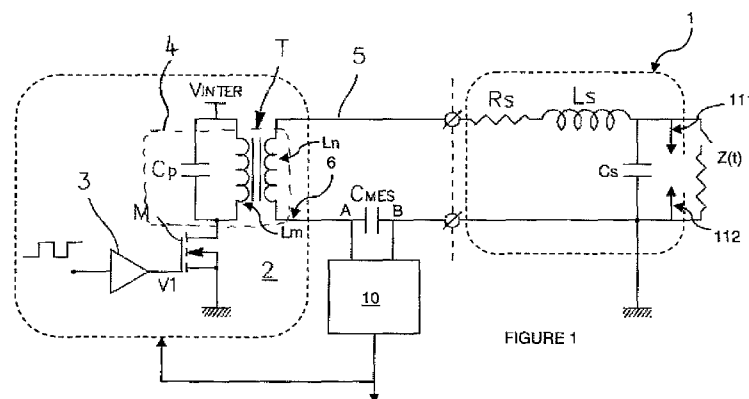
PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
F02P 23/04 (2006.01) F02P 3/01 (2006.01)
F02P 17/12 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/051024
- (22) Date de dépôt international :
27 mai 2010 (27.05.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0953541 28 mai 2009 (28.05.2009) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
RENAULT SAS [FR/FR]; 13/15 Quai Le Gallo, F-92100
Boulogne Billancourt (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) :
DELORAINE, Franck [FR/FR]; 2 Avenue Du Marechal
Foch, F-92260 Fontenay Aux Roses (FR).
- (74) Mandataire : RENAULT TECHNOCENTRE; TCR
GRA 2 36 - SCE 0267, 1 Avenue Du Golf, F-78288
Guyancourt (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR DETECTING THE TYPE OF SPARK GENERATED BY A RADIOFREQUENCY SPARK PLUG COIL, AND CORRESPONDING DEVICE

(54) Titre : PROCÉDE DE DÉTECTION DU TYPE D'ÉTINCELLE GÉNÉRÉE PAR UNE BOBINE-BOUGIE D'ALLUMAGE RADIOFREQUENCE, ET DISPOSITIF CORRESPONDANT



(57) Abstract : The invention relates to a method for detecting the type of spark generated by a radiofrequency spark plug coil for an automobile engine, including the steps of: generating a spark; and measuring the ionization current. According to the invention, the method further essentially includes the steps of: detecting the first ionization peak of the ionization current after the end of the spark; determining the time (T_mes) between the end of the spark and the first ionization peak of the ionization current; comparing the time value (T_mes) with a reference value (T_th); and considering the spark to be of the monofilament type if the time value (T_mes) is lower than the reference value, and of the multifilament type if the time value (T_mes) is higher than the reference value (T_th).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/136727 A1



L' invention concerne un procédé de détection du type d'étincelle générée par une bobine-bougie d'allumage radiofréquence, pour moteur de véhicule automobile, comprenant des étapes consistant à : - générer une étincelle, et mesurer le courant d'ionisation. Selon l'invention, il comprend essentiellement en outre des étapes consistant à : détecter le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation après la fin de l'étincelle, déterminer le temps (T_{mes}) entre la fin de l'étincelle et le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation; comparer la valeur du temps (T_{mes}) à une valeur de référence (T_{th}), et considérer que l'étincelle est de type mono filamentaire si la valeur du temps (T_{mes}) est inférieure à la valeur de référence (T_{th}), et de type ramifiée si la valeur du temps (T_{mes}) est supérieure à la valeur de référence (T_{th}).

**PROCEDE DE DETECTION DU TYPE D'ETINCELLE GENEREE PAR UNE
BOBINE-BOUGIE D'ALLUMAGE RADIOFREQUENCE, ET DISPOSITIF
CORRESPONDANT.**

5 La présente invention concerne le domaine de l'allumage radiofréquence d'une bobine-bougie de moteur de véhicule automobile, et plus particulièrement la mesure du courant d'ionisation.

10 La mesure du courant d'ionisation des gaz dans les cylindres du moteur s'effectue typiquement après la fin de l'allumage et trouve des applications particulièrement avantageuses, par exemple pour la détection de l'angle vilebrequin correspondant au pic de pression de la chambre de combustion, du cliquetis ou encore pour l'identification des
15 ratés d'allumage.

 Le fonctionnement des circuits de mesure du courant d'ionisation pour un système d'allumage classique consiste à polariser le mélange de la chambre à combustion après la génération de l'étincelle entre les électrodes de la bougie
20 d'allumage, afin de mesurer le courant résultant de la propagation de la combustion.

 De tels circuits sont classiquement disposés au pied du secondaire d'une bobine d'allumage connectée à la bougie d'allumage.

25 Ces circuits nécessitent cependant d'être dédiés aux caractéristiques de l'allumage classique et ne sont donc pas adaptables en tant que tels aux systèmes d'allumage à génération de plasma, mettant en œuvre des bougies d'allumage de type bobines-bougies radiofréquence, comme décrits en
30 détail dans les demandes de brevet suivantes déposées au nom de la demanderesse FR 03-10766, FR 03-10767 et FR 03-10768.

 Les spécificités de l'allumage radiofréquence engendrent plusieurs contraintes pour mesurer le courant d'ionisation.

La mesure du courant d'ionisation s'effectue après la fin de l'allumage. Son amplitude dépend de la tension continue ou « tension de polarisation » appliquée entre l'électrode haute-tension de la bougie et la masse moteur. La tension de polarisation est typiquement comprise entre la tension batterie et plusieurs centaines de volts. L'expérience montre que le signal représentatif du courant d'ionisation a une amplitude comprise entre 0,1 μ A et 1 mA selon les conditions de la chambre de combustion (température, pression, composition du mélange...). Or, le signal de commande d'allumage induit des courants importants qui ont un écart d'amplitude de près de 120 dB avec le courant d'ionisation que l'on cherche à mesurer. Le circuit de mesure subit donc un temps d'éblouissement pendant lequel il ne peut effectuer l'acquisition d'un faible courant.

En outre, ce type d'allumage peut développer deux types de décharge : une étincelle ramifiée -ou multi-filamentaires-, et une étincelle à arc mono-filamentaire.

Or le type d'étincelle influe directement sur la qualité de la combustion.

Il est donc souhaitable de pouvoir détecter le type d'étincelle générée par une bobine-bougie d'allumage radiofréquence.

Aussi, plus précisément, selon un premier de ses objets, l'invention concerne un procédé de détection du type d'étincelle générée par une bobine-bougie d'allumage radiofréquence, pour moteur de véhicule automobile, comprenant des étapes consistant à :

- générer une étincelle, et
- mesurer le courant d'ionisation.

La mesure d'un courant d'ionisation par un dispositif de mesure d'un courant d'ionisation est connue de l'homme du métier, notamment par l'exemple qu'en donne le document de

l'état de la technique antérieure FR 07-58795 déposé par la Demanderesse.

Toutefois, un tel dispositif ne permet pas de détecter le type d'étincelle généré.

5 La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé permettant de détecter en temps réel le type d'étincelle généré par une bobine-bougie d'allumage radiofréquence.

Avec cet objectif en vue, le dispositif selon
10 l'invention, par ailleurs conforme au préambule cité ci-avant, est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend en outre des étapes consistant à :

- détecter le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation après la fin de l'étincelle,

- 15 - déterminer le temps entre la fin de l'étincelle et le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation,

- comparer la valeur du temps à une valeur de référence, et

- considérer que l'étincelle est de type mono
20 filamenteuse si la valeur du temps est inférieure à la valeur de référence, et de type ramifiée si la valeur du temps est supérieure à la valeur de référence.

Dans un mode de réalisation, on prévoit de modifier au moins l'un des paramètres d'allumage en fonction de l'écart
25 entre le temps et la valeur de référence.

Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à asservir la valeur de référence au point de fonctionnement du moteur.

Alternativement, la valeur de référence est constante
30 dans le temps, indépendamment du point de fonctionnement du moteur.

Selon un autre de ses objets, l'invention concerne un dispositif de détection du type d'étincelle générée par une bobine-bougie d'allumage radiofréquence, pour moteur de

véhicule automobile, susceptible de mettre en œuvre le procédé selon l'invention et comprenant :

- des moyens pour générer une étincelle, et
- des moyens pour mesurer le courant d'ionisation.

5 Le dispositif selon l'invention est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- des moyens pour détecter le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation après la fin de l'étincelle,

- des moyens pour déterminer le temps entre la fin de
10 l'étincelle et le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation,

- des moyens pour comparer la valeur du temps à une valeur de référence, et

- des moyens pour considérer que l'étincelle est de
15 type mono filamentaire si la valeur du temps est inférieure à la valeur de référence, et de type ramifiée si la valeur du temps est supérieure à la valeur de référence.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre des moyens pour modifier au moins l'un des paramètres
20 d'allumage en fonction de l'écart entre le temps et la valeur de référence.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre des moyens pour asservir la valeur de référence au point de fonctionnement du moteur.

25 De préférence, la distance entre l'électrode de la bobine-bougie d'allumage et l'électrode de masse est supérieure ou égale à 4mm.

Selon un autre de ses objets, l'invention concerne un programme d'ordinateur, comprenant des instructions de code de
30 programme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'invention, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

Enfin, l'invention concerne également un véhicule automobile équipé du dispositif selon l'invention ou d'un cœur numérique programmable tel qu'un processeur comprenant le programme d'ordinateur ou de calculateur embarqué selon l'invention.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante donnée à titre d'exemple illustratif et non limitatif et faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 illustre un mode de réalisation du dispositif selon l'invention,
- la figure 2 illustre un mode de réalisation du dispositif de mesure du courant d'ionisation selon l'invention,
- la figure 3 illustre le circuit équivalent d'une étincelle mono-filamentaire,
- la figure 4 illustre le circuit équivalent d'une étincelle ramifiée,
- la figure 5 illustre les plages relatives des valeurs de T0 et T1 après la fin de l'étincelle, et
- la figure 6 est une cartographie illustrant les différents types d'étincelles en fonction de la distance inter électrodes et de la tension d'alimentation.

25

Le dispositif de détection selon l'invention est configuré pour être relié à une bobine-bougie d'allumage radiofréquence de moteur de véhicule automobile.

Aussi dans un mode de réalisation, le dispositif peut comprendre une bobine-bougie d'allumage.

30

La bobine-bougie mise en œuvre dans le cadre de l'allumage radiofréquence commandé est équivalente électriquement à un résonateur 1, dont la fréquence de

résonance F_c est supérieure à 1 MHz, et typiquement voisine de 5 MHz. Le résonateur comprend en série une résistance R_s , une bobine d'inductance L_s et une capacité notée C_s . Des électrodes d'allumage 111 et 112 de la bobine-bougie sont connectées aux bornes de la capacité C_s du résonateur, permettant de générer des décharges électriques, de préférence ramifiées, pour initier la combustion du mélange dans les chambres de combustion du moteur, lorsque le résonateur est alimenté à sa fréquence de résonance.

10

En effet, lorsque le résonateur est alimenté par une haute tension à sa fréquence de résonance F_c ($1/(2\pi\sqrt{L_s * C_s})$), l'amplitude aux bornes de la capacité C_s est amplifiée de telle sorte que des décharges multi-filamentaires se développent entre les électrodes, sur des distances de l'ordre du centimètre, à forte pression et pour des tensions de crête inférieures à 40 kV.

On parle alors d'étincelles ramifiées, dans la mesure où elles impliquent la génération simultanée d'au moins plusieurs lignes ou chemins d'ionisation dans un volume donné, leurs ramifications étant en outre omnidirectionnelles.

Cette application à l'allumage radiofréquence nécessite l'utilisation d'un circuit d'alimentation, capable de générer des impulsions de tension, typiquement de l'ordre de 100 ns, pouvant atteindre des amplitudes de l'ordre de 1 kV, à une fréquence très proche de la fréquence de résonance du résonateur de génération de plasma de la bobine-bougie radiofréquence.

Le dispositif de détection selon l'invention comprend donc un circuit d'alimentation 2, qui met classiquement en œuvre un montage dit « amplificateur de puissance pseudo Classe E ». Ce montage permet de créer les impulsions de tension avec les caractéristiques précitées.

Ce montage comprend une alimentation continue intermédiaire Vinter pouvant varier de 0 à 250V, un transistor MOSFET de puissance M et un circuit résonant parallèle 4, comprenant une bobine L_m (primaire d'un transformateur T) en
5 parallèle avec un condensateur C_p , de fréquence de résonance voisine de 5 MHz également.

L'enroulement primaire L_m du transformateur est relié d'un côté à la tension d'alimentation Vinter et de l'autre
10 côté au drain du transistor interrupteur M, commandant l'application de la tension d'alimentation Vinter aux bornes de l'enroulement primaire à la fréquence définie par le signal de commande V1.

L'enroulement secondaire L_n du transformateur, dont un
15 côté est relié à la masse par un fil de retour à la masse 6, est quant à lui prévu pour être connecté à la bobine-bougie. De cette manière, le résonateur 1 de la bobine-bougie, connectée aux bornes de l'enroulement secondaire par des fils
20 de liaison 5 et 6, dont le fil de retour à la masse 6, est donc alimenté par le secondaire du transformateur.

Le transistor M est utilisé comme interrupteur pour commander les commutations aux bornes du circuit résonant
25 parallèle et du résonateur 1 de génération de plasma destiné à être connecté sur une interface de sortie OUT du circuit d'alimentation.

Le transistor M est piloté sur sa grille par un signal logique de commande V1, fourni par un étage de commande 3, à
30 une fréquence qui doit être sensiblement calée sur la fréquence de résonance du résonateur 1.

La tension d'alimentation continue intermédiaire Vinter, pouvant varier entre 0 et 250 V, peut avantageusement

être fournie par une alimentation haute tension, typiquement un convertisseur DC/DC.

Ainsi, à proximité de sa fréquence de résonance, le résonateur parallèle 4 transforme la tension d'alimentation continue V_{in} en une tension périodique amplifiée, correspondant à la tension d'alimentation multipliée par le coefficient de surtension du résonateur parallèle et appliquée sur une interface de sortie du circuit d'alimentation au niveau du drain du transistor interrupteur M.

Le transistor interrupteur M applique alors la tension d'alimentation amplifiée sur la sortie de l'alimentation, à la fréquence définie par le signal de commande V_1 , que l'on cherche à rendre la plus proche possible de la fréquence de résonance de la bobine-bougie, de manière à générer la haute-tension aux bornes des électrodes de la bobine-bougie nécessaire au développement et à l'entretien de la décharge multi-filamentaire.

Le transistor commute ainsi de forts courants ($I_{\text{crête}} \approx 20\text{A}$) à une fréquence de 5 MHz environ, et avec une tension drain-source pouvant atteindre 1kV. Le choix du transistor est donc critique et nécessite un compromis entre tension et courant.

Aussi, selon le mode de réalisation illustré à la figure 1, le transformateur T présente un rapport de transformation variable, par exemple compris entre 1 et 5.

De préférence, on adapte le rapport de transformation de manière à réduire la tension drain-source du transistor interrupteur M.

L'adaptation du rapport de transformation permet de réduire la tension drain-source du transistor. La diminution de la tension au primaire induit cependant une augmentation du courant traversant le transistor. Il est alors possible de compenser cette contrainte en plaçant par exemple deux

transistors en parallèle commandés par le même étage de commande 3.

La mesure du courant d'ionisation consiste à polariser,
5 au niveau de la bougie d'allumage, le mélange air/carburant présent dans la chambre à combustion. On obtient donc une image électrique du développement de la combustion qui se traduit sous la forme :

$$I(t) = \frac{U_{POLAR}}{Z(t)}$$

10

Avec :

$I(t)$ le courant d'ionisation mesuré au cours du temps,
 U_{POLAR} la tension de polarisation appliquée, et
 $Z(t)$ l'impédance équivalente du mélange
15 combustible/gaz brûlé.

Pour mesurer le courant d'ionisation, la solution retenue consiste à connecter un condensateur de mesure C_{MES} en série entre l'enroulement secondaire du transformateur T et le
20 résonateur 1, sur le fil de retour à la masse 6. Le condensateur de mesure est ainsi avantageusement placé dans le circuit à un endroit où les différences de potentiel par rapport à la masse sont les plus faibles possibles.

De préférence, le condensateur de mesure C_{MES} est de
25 capacité réduite, typiquement une dizaine de nanofarad, ce qui permet de ne pas perturber le système d'allumage tout en ayant la possibilité d'effectuer des mesures basse fréquence du courant d'ionisation.

Le dispositif de détection selon l'invention comprend
30 donc, outre le condensateur de mesure C_{MES} , un circuit de mesure 10.

Le circuit de mesure 10, connecté aux bornes du condensateur de mesure C_{MES} , comprend avantageusement un générateur de tension à faible impédance d'entrée, typiquement

de l'ordre de la dizaine d'Ohms, de manière à réduire le temps d'éblouissement du circuit de mesure, et apte à fournir une tension de polarisation continue V_{POLAR} pour charger le condensateur de mesure C_{MES} . La tension V_{POLAR} , peut par exemple
5 être comprise entre 12 et 250V.

La faible impédance d'entrée du générateur permet de maintenir la tension constante aux bornes du condensateur et/ou de ramener rapidement sa tension à V_{POLAR} après l'étincelle. Cette impédance est suffisamment faible pour que
10 le courant I_{ION} représentatif de l'évolution de la combustion des gaz dans la chambre de combustion soit fourni par le transistor T_B , dont le fonctionnement va être décrit plus en détail ci-après, et non par le condensateur C_{MES} . C'est ce courant de décharge I_{ION} que mesure le circuit de mesure 10.

La tension de polarisation V_{POLAR} est appliqué au circuit via un étage de polarisation 12, comprenant un transistor bipolaire T_B monté en base commune avec une sortie sur l'émetteur du transistor, connecté à une borne du condensateur de mesure C_{MES} . Le montage du transistor T_B en base
20 commune se caractérise notamment par son impédance d'entrée faible, permettant avantageusement de procurer la réactivité souhaitée au circuit de mesure.

Par exemple, en connectant ce montage sur le condensateur de mesure, on obtient une impédance d'entrée Z_E
25 équivalente à :

$$Z_E = R_{IN} / \left(\frac{r_{be}}{\beta + 1} \right)$$

Où : R_{IN} est la résistance placée en entrée du circuit de mesure,

30 R_{be} indique la résistance intrinsèque du transistor T_B , et

β correspond au gain du transistor T_B .

Typiquement, en choisissant : $R_{IN} = 8k\Omega$, $R_{De} = 1k\Omega$ et $\beta = 100$, on obtient $Z_E \approx 10\Omega$.

Le courant de sortie I_S du montage 12, représentatif du courant d'ionisation I_{ION} , est mesuré par l'intermédiaire de la
5 résistance de sortie R_S du circuit de mesure, qui, comme on le verra plus en détail par la suite, est en effet traversée par un courant lui conférant une tension V_S à ses bornes, dont la mesure fournira alors une image en tension du courant d'ionisation.

10 Ce courant I_S est sensiblement égal à la différence de courant entre le courant I_C entrant dans le transistor T_B et le courant I_P circulant dans la résistance d'entrée du circuit R_{IN} .

Or, l'amplitude du courant d'ionisation que l'on
15 cherche à mesurer étant généralement faible et majoritairement inférieure à $1mA$, le circuit de mesure comprend avantageusement des moyens d'amplification en courant. A cette fin, le circuit de mesure comprend un premier miroir de courant M_1 , connecté entre la source de tension de polarisation
20 V_{POLAR} et l'entrée du transistor T_B , et présentant un gain d'amplification $G_m = R_A/R_B$, défini par les valeurs des résistances R_A et R_B présentes respectivement dans chaque branche du miroir de courant M_1 . Le miroir de courant M_1 permet donc d'effectuer une amplification en courant du signal I_C
25 entrant dans le transistor T_B , pour recopier ce signal amplifié à destination de la résistance R_S , connectée en sortie du miroir de courant M_1 .

Le courant I_C est la somme du courant d'ionisation I_{ION} et du courant I_R circulant dans la résistance d'entrée R_{IN} .
30 Aussi, afin de mesurer une tension V_S aux bornes de R_S qui soit représentative du seul courant d'ionisation, il est nécessaire de soustraire la composante inutile correspondant au courant circulant dans la résistance d'entrée R_{IN} , du signal amplifié obtenu en sortie du miroir de courant M_1 .

Pour ce faire, le circuit de mesure 10 comprend un second miroir de courant M_2 , connecté entre la résistance d'entrée R_{IN} du circuit et la masse, et présentant un gain d'amplification G_m identique au premier miroir de courant M_1 ,
5 défini par les valeurs des résistances R'_A et R'_B présentes respectivement dans chaque branche du miroir de courant M_2 .

La résistance de sortie R_S , connectée en sortie des seconds moyens d'amplification M_2 , est donc traversée par la différence de courant $I_C - I_R$, sensiblement égale au courant
10 d'ionisation I_{ION} , amplifiée du rapport $G_m = R_A / R_B = R'_A / R'_B$. Autrement dit, la résistance de sortie R_S est traversée par une image amplifiée du courant d'ionisation, de sorte à obtenir la tension de sortie V_S à ses bornes suivant la relation :

$$V_S = G_m \times R_S \times I_{ION}$$

15 Où : G_m est le gain du miroir de courant,
 R_S est la résistance de sortie, et
 I_{ION} correspond au courant d'ionisation.

Dans le but d'obtenir un courant d'ionisation important, le circuit doit être polarisé avec une tension
20 continue la plus élevée possible, limitée cependant par les tensions et courants maximaux supportés par les transistors du circuit. Aussi, la tension maximale acceptée par les transistors du circuit de mesure détermine la tension de polarisation du montage. De même, le courant d'entrée doit
25 rester suffisamment faible pour garantir un fonctionnement en mode linéaire. Cette contrainte conditionne le gain appliqué aux miroirs de courant. Ainsi, en cas de court-circuit sur l'entrée (sur les bornes du condensateur de mesure), le courant augmente dans la résistance R_A du miroir de courant M_1 .
30 Par amplification le courant dans la résistance R_B s'accroît. Pour protéger le circuit, on peut ajouter une diode D_2 du collecteur vers la base du second transistor du miroir de courant M_1 .

Une étincelle, en particulier mono-filamentaire, entre l'électrode de la bougie et un plan de masse entraîne une brusque augmentation du courant circulant dans le condensateur de mesure et, en conséquence, une forte variation de la tension à ses bornes, potentiellement dommageable pour le circuit de mesure. Le circuit de mesure peut donc prévoir une diode de protection D_1 , permettant de transférer l'excédant d'énergie dans un condensateur tampon C_T et d'assurer que la tension aux bornes du condensateur de mesure n'excède pas la tension de polarisation V_{POLAR} .

Cette brusque augmentation du courant d'ionisation est appelée pic d'ionisation. En l'espèce, il s'agit d'un premier pic d'ionisation ; il existe un deuxième pic ultérieur correspondant à un pic thermique d'ionisation qui n'entre pas en compte dans la présente invention.

Le circuit 10 et/ou un calculateur relié au fil de retour à la masse 6 peuvent donc être utilisés comme moyens pour détecter le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation après la fin de l'étincelle.

Le pic d'ionisation apparaît au moment où le front de flamme de la combustion touche la paroi (masse) de la chambre de combustion.

Il existe donc un délai (de propagation de la flamme) entre la fin de l'étincelle et le pic d'ionisation.

Or le moment auquel l'étincelle prend fin est une donnée connue en entrée de l'étage de commande 3.

La présente invention vise donc à déterminer, en l'espèce par mesure, le temps T_{mes} entre la fin de l'étincelle et l'apparition du premier pic d'ionisation du courant d'ionisation.

Des moyens de comparaison sont ensuite utilisés pour comparer la valeur du temps T_{mes} à une valeur de référence T_{th} .

Et, en fonction de l'écart entre la valeur du temps T_{mes} et la valeur de référence T_{th} , on peut en déduire, via un calculateur par exemple, le type d'étincelle.

A cet effet, on considère que l'étincelle est de type
 5 mono filamentaire si la valeur du temps T_{mes} est inférieure à la valeur de référence T_{th} , et de type ramifiée si la valeur du temps T_{mes} est supérieure à la valeur de référence T_{th} .

En effet, la génération d'une étincelle à partir d'un allumage radiofréquence crée une empreinte thermique et des
 10 radicaux localisés au niveau du ou des filaments de la décharge.

La résistance équivalente des filaments est comprise entre $1k\Omega$ et $10k\Omega$. D'autre part, la résistance inter-électrodes du gaz non ionisé est supérieure à $40M\Omega$. Sachant
 15 que l'effet thermique de la décharge est maintenu dans le gaz pendant plusieurs millisecondes, on peut estimer que la résistance équivalente des canaux ionisés reste identique au moins 1 milliseconde après la fin de l'étincelle.

Ainsi, au début de la combustion, deux circuits
 20 équivalents du circuit de mesure du courant d'ionisation sont envisageables selon le type de décharge généré :

◆ En régime de décharge mono-filamentaire (canal unique entre l'électrode de la bougie et une paroi au potentiel de la masse) (voir figure 3) : l'impédance $Z(t)$ du
 25 mélange est égale à $R_{MONO} \in [1k\Omega; 10k\Omega]$. On mesure alors un pic d'ionisation à un premier temps T_0 , en l'espèce $T_0 < 80\mu s$ par rapport à la fin de l'étincelle.

◆ En régime ramifié (voir figure 4): l'impédance $Z(t)$ équivalente est égale pour chaque canal à $R_{MONO} + R_{GAZ} \gg 40M\Omega$.
 30 Le courant d'ionisation est alors nul. Cependant, lors du développement de la combustion, R_{GAZ} diminue puis s'annule lors du contact entre le front de flamme et la paroi de la

chambre de combustion : on mesure un pic d'ionisation résistif à un deuxième temps T_1 , avec $T_1 > T_0$, par rapport à la fin de l'étincelle.

La valeur respective de T_0 et celle de T_1 est
5 sensiblement dépendante du point de fonctionnement du moteur, et varie dans un ensemble respectif. Toutefois, quelle que soient les valeurs respectives de T_0 et T_1 , on a toujours $T_1 > T_0$.

Le temps auquel apparaît le pic d'ionisation après la
10 fin de l'étincelle permet donc d'identifier le type de décharge généré.

Dans un mode de réalisation, on peut prévoir de déterminer la valeur de référence T_{th} en fonction du point de fonctionnement.

15 On peut alors prévoir des moyens, en l'espèce sous forme de table de correspondance, pour asservir la valeur de référence T_{th} au point de fonctionnement du moteur.

Dans un autre mode de réalisation, figure 5, on peut prévoir de déterminer la valeur de référence T_{th}
20 indépendamment du point de fonctionnement, par exemple en choisissant une valeur T_{th} supérieure à la valeur maximale de l'ensemble des valeurs T_0 , et inférieure à la valeur minimale de l'ensemble des valeurs T_1 , après le moment T_i de la fin de l'étincelle.

25 Comme illustré figure 6, une distance inter-électrodes, c'est-à-dire la distance entre l'électrode de la bobine-bougie d'allumage et l'électrode de masse, supérieure à 4mm est nécessaire pour générer une étincelle ramifiée. En l'espèce, le temps compris entre la fin de l'étincelle et le premier pic
30 d'ionisation vérifie la relation

$$T_1 > 2T_0, \text{ soit } T_1 > 160\mu\text{s}.$$

Ainsi, le temps T_{mes} entre la fin de l'étincelle et l'apparition du premier pic d'ionisation du courant

d'ionisation comparé à la valeur de référence T_{th} permet de déterminer le type d'étincelle généré.

On peut donc prévoir des moyens pour modifier au moins l'un des paramètres d'allumage, par exemple le courant ou la
5 tension d'alimentation V_{inter} , en fonction de la comparaison.

Grâce à cette caractéristique, comme illustré figure 1, on peut boucler le circuit de mesure 10 sur la circuit d'alimentation 2.

Comme illustré sur la cartographie figure 6, si
10 l'étincelle générée est une étincelle mono-filamentaire (avec pontage), zone Z1, il convient alors de diminuer le courant d'alimentation V_{inter} pour revenir en zone ramifiée (sans pontage), zone Z2.

On notera qu'en deçà d'une distance de 4mm, zone Z3, il
15 n'y a pas d'étincelle ramifiée ; et qu'au-delà d'une valeur sensiblement égale à 14 ou 15mm, zone Z4, l'étincelle est ramifiée, même s'il existe un pontage vers la masse, ce qui n'est pas souhaitable.

Afin d'optimiser le rendement de la combustion, on
20 utilise de nombreux artifices pour augmenter les turbulences des gaz (swirl, tumble) dans la chambre de combustion. La vitesse d'une flamme fortement turbulente peut atteindre 25m/s. Le temps de propagation de la flamme influe directement sur l'apparition du pic d'ionisation faite suite à un régime
25 de décharge ramifié. Quels que soient les artifices utilisés, on a toujours $T1 > T0$.

Par ailleurs, au regard de l'acquisition du signal, une
fréquence d'acquisition de 30kHz est nécessaire pour extraire l'information cliquetis du signal d'ionisation. Le premier pic
30 d'ionisation a une largeur de 50us à -3dB d'amplitude. Une telle fréquence est donc suffisante pour le détecter.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détection du type d'étincelle générée par une bobine-bougie d'allumage radiofréquence, pour moteur de véhicule automobile, comprenant des étapes consistant à :

- générer une étincelle, et
- mesurer le courant d'ionisation,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre des étapes consistant à :

10 - détecter le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation après la fin de l'étincelle,

- déterminer le temps (T_{mes}) entre la fin de l'étincelle et le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation,

15 - comparer la valeur du temps (T_{mes}) à une valeur de référence (T_{th}), et

- considérer que l'étincelle est de type mono filamentaire si la valeur du temps (T_{mes}) est inférieure à la valeur de référence (T_{th}), et de type ramifiée si la valeur du temps (T_{mes}) est supérieure à la valeur de référence (T_{th}).

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre une étape consistant à :

25 modifier au moins l'un des paramètres d'allumage en fonction de l'écart entre le temps (T_{mes}) et la valeur de référence (T_{th}).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape consistant à asservir la valeur de référence (T_{th}) au point de fonctionnement du moteur.

30 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel la valeur de référence (T_{th}) est constante dans le temps, indépendamment du point de fonctionnement du moteur.

5. Dispositif de détection du type d'étincelle générée par une bobine-bougie d'allumage radiofréquence, pour moteur de véhicule automobile, susceptible de mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, et comprenant :

- des moyens pour générer une étincelle, et
- des moyens pour mesurer le courant d'ionisation, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :
 - des moyens pour détecter le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation après la fin de l'étincelle,
 - des moyens pour déterminer le temps (T_{mes}) entre la fin de l'étincelle et le premier pic d'ionisation du courant d'ionisation,
 - des moyens pour comparer la valeur du temps (T_{mes}) à une valeur de référence (T_{th}), et
 - des moyens pour considérer que l'étincelle est de type mono filamentaire si la valeur du temps (T_{mes}) est inférieure à la valeur de référence (T_{th}), et de type ramifiée si la valeur du temps (T_{mes}) est supérieure à la valeur de référence (T_{th}).

6. Dispositif selon la revendication 5, comprenant en outre des moyens pour modifier au moins l'un des paramètres d'allumage en fonction de l'écart entre le temps (T_{mes}) et la valeur de référence (T_{th}).

7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, comprenant en outre des moyens pour asservir la valeur de référence (T_{th}) au point de fonctionnement du moteur.

8. Dispositif selon la revendication 5 à 7, dans lequel la distance entre l'électrode de la bobine-bougie d'allumage et l'électrode de masse est supérieure ou égale à 4mm.

9. Programme d'ordinateur ou de calculateur embarqué, comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des

revendications 1 à 4, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur ou sur un calculateur embarqué.

10. Véhicule automobile équipé du dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 8.

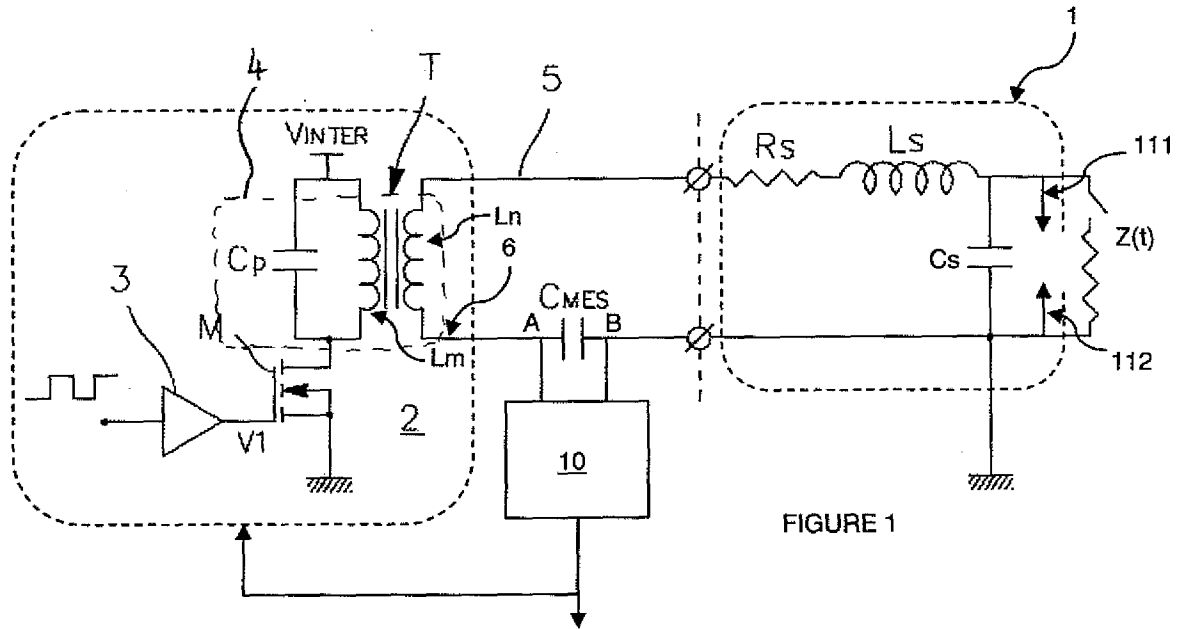


FIGURE 1

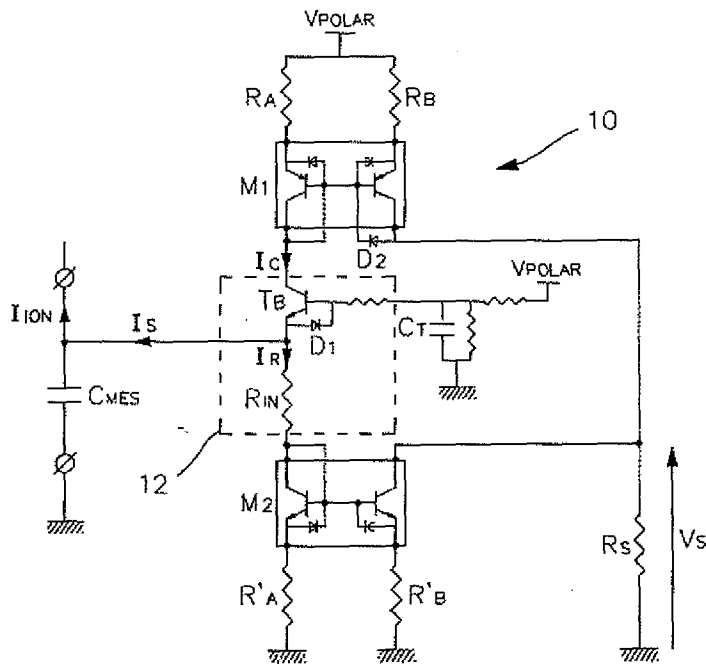


FIGURE 2

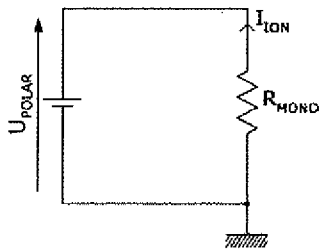


FIGURE 3

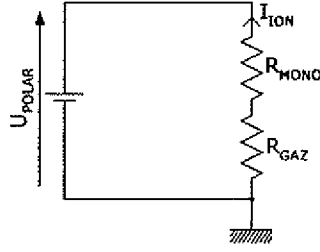


FIGURE 4

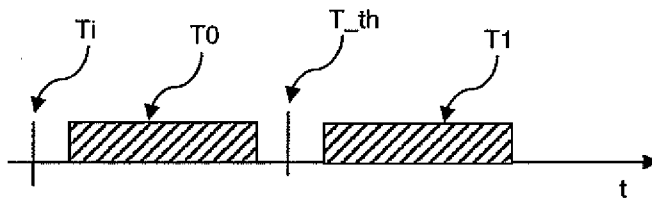


FIGURE 5

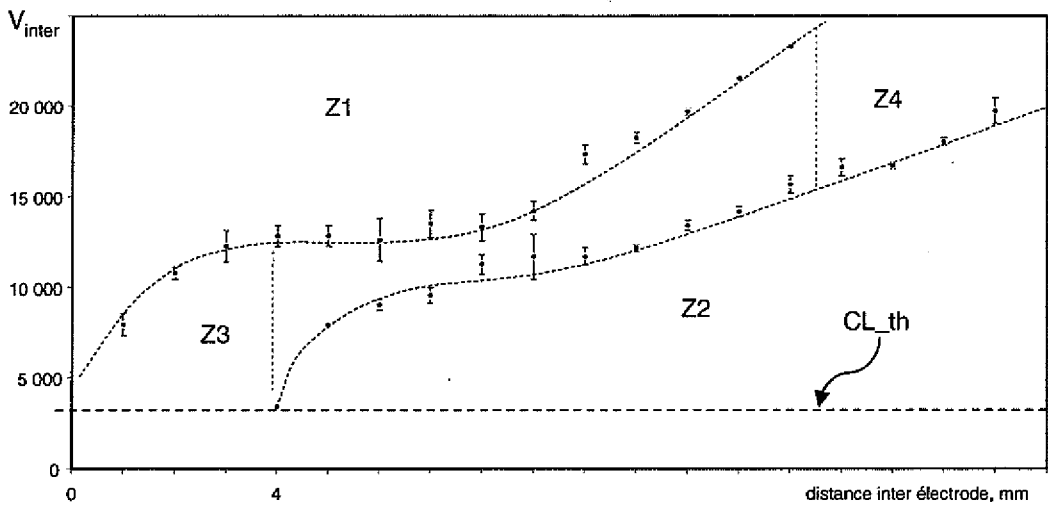


FIGURE 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2010/051024

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F02P23/04 F02P17/12
 ADD. F02P3/01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 F02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 913 297 A1 (RENAULT SAS [FR]) 5 September 2008 (2008-09-05) page 10, line 25 - page 11, line 7 page 12, line 7 - page 18, line 25	1-10
A	FR 2 923 272 A1 (RENAULT SAS [FR]) 8 May 2009 (2009-05-08) cited in the application page 1, lines 10-16 page 2, lines 22-28 page 10, lines 7-9 page 14, lines 7-19	1-10
A	FR 2 899 394 A1 (RENAULT SAS [FR]) 5 October 2007 (2007-10-05) page 1, line 4 - page 4, line 25	1-10

 Further documents are listed in the continuation of Box C.

 See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 September 2010

Date of mailing of the international search report

30/09/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ossanna, Luca

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2010/051024

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2913297	A1	05-09-2008	AT 479020 T	15-09-2010
			CN 101622441 A	06-01-2010
			EP 2126341 A2	02-12-2009
			WO 2008110726 A2	18-09-2008
			JP 2010520398 T	10-06-2010
			KR 20090115945 A	10-11-2009
FR 2923272	A1	08-05-2009	EP 2205858 A2	14-07-2010
			WO 2009060149 A2	14-05-2009
FR 2899394	A1	05-10-2007	CN 101379288 A	04-03-2009
			EP 2002117 A1	17-12-2008
			WO 2007113407 A1	11-10-2007
			JP 2009532626 T	10-09-2009
			KR 20080104121 A	01-12-2008
			RU 2008143307 A	10-05-2010
			US 2009153142 A1	18-06-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/051024

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. F02P23/04 F02P17/12
 ADD. F02P3/01

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
 F02P

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 913 297 A1 (RENAULT SAS [FR]) 5 septembre 2008 (2008-09-05) page 10, ligne 25 - page 11, ligne 7 page 12, ligne 7 - page 18, ligne 25	1-10
A	FR 2 923 272 A1 (RENAULT SAS [FR]) 8 mai 2009 (2009-05-08) cité dans la demande page 1, ligne 10-16 page 2, ligne 22-28 page 10, ligne 7-9 page 14, ligne 7-19	1-10
A	FR 2 899 394 A1 (RENAULT SAS [FR]) 5 octobre 2007 (2007-10-05) page 1, ligne 4 - page 4, ligne 25	1-10

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 septembre 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30/09/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Ossanna, Luca

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2010/051024

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 2913297	A1	05-09-2008	AT	479020 T	15-09-2010
			CN	101622441 A	06-01-2010
			EP	2126341 A2	02-12-2009
			WO	2008110726 A2	18-09-2008
			JP	2010520398 T	10-06-2010
			KR	20090115945 A	10-11-2009

FR 2923272	A1	08-05-2009	EP	2205858 A2	14-07-2010
			WO	2009060149 A2	14-05-2009

FR 2899394	A1	05-10-2007	CN	101379288 A	04-03-2009
			EP	2002117 A1	17-12-2008
			WO	2007113407 A1	11-10-2007
			JP	2009532626 T	10-09-2009
			KR	20080104121 A	01-12-2008
			RU	2008143307 A	10-05-2010
			US	2009153142 A1	18-06-2009
