

(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 2014/131508 A1**

(43) Date de la publication internationale  
4 septembre 2014 (04.09.2014)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
*F02D 41/20* (2006.01) *F02D 41/24* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2014/000488
- (22) Date de dépôt international :  
25 février 2014 (25.02.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
1351678 26 février 2013 (26.02.2013) FR
- (71) Déposants : **CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE** [FR/FR]; Intellectual Property, 1, Avenue Paul Ourliac, F-31100 Toulouse (FR). **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).
- (72) Inventeurs : **LEBLON, Michael**; 8, Impasse des Pinsons, F-82710 Bressols (FR). **MEMAIN, Jérémie**; 8, Route de Labège, F-31320 Castanet Tolosane (FR).
- (74) Mandataire : **CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE**; Intellectual Property, 1, Avenue Paul Ourliac, F-31100 Toulouse (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR CONTROLLING A PIEZOELECTRIC FUEL INJECTOR OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF A VEHICLE COMPRISING A STEP FOR POLARIZING THE PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) Titre : PROCÉDE DE PILOTAGE D'UN INJECTEUR PIEZOELECTRIQUE DE CARBURANT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE DE VEHICULE, COMPORTANT UNE ETAPE DE POLARISATION DE L'ACTIONNEUR PIEZOELECTRIQUE

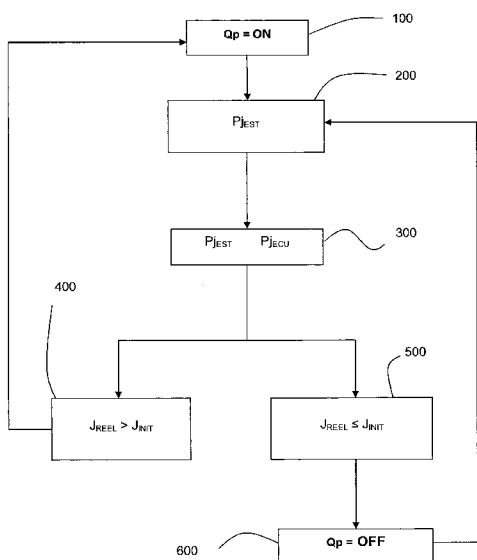


Figure 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for controlling a fuel injector having a piezoelectric actuator controlling a valve means, which includes the following steps during normal operation of the vehicle: estimating (200) an engine parameter ( $P_{JEST}$ ) representing actual play ( $J_{REEL}$ ) between the piezoelectric actuator and the valve means; comparing (300) the engine parameter with the equivalent parameter ( $P_{JECU}$ ), representing the initial play ( $J_{INT}$ ), if the engine parameter deviates from the equivalent parameter such that the actual play is greater than the initial play; applying an electrical polarization charge to the piezoelectric actuator so as to polarize the piezoelectric actuator during the injection of the fuel; and controlling the closing of the injector.

(57) Abrégé : Procédé de pilotage d'un injecteur de carburant à actionneur piézoélectrique agissant sur un moyen de vanne, comprenant les étapes suivantes, en fonctionnement normal du véhicule : - (200) : Estimer un paramètre moteur ( $P_{JEST}$ ), représentatif d'un jeu réel ( $J_{REEL}$ ) entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne, - (300) : Comparer le paramètre moteur au paramètre équivalent ( $P_{JECU}$ ), représentatif du jeu original ( $J_{INT}$ ) : si le paramètre moteur s'écarte du paramètre équivalent de telle sorte que le jeu réel est supérieur

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/131508 A1

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

**Procédé de pilotage d'un injecteur piézoélectrique de carburant d'un moteur à combustion interne de véhicule, comportant une étape de polarisation de l'actionneur piézoélectrique**

L'invention se rapporte à un procédé de pilotage d'un injecteur de carburant d'un moteur à combustion interne d'un véhicule, l'injecteur comportant un actionneur piézoélectrique agissant sur un moyen de vanne pour ouvrir ou fermer l'injecteur, respectivement autorisant ou stoppant l'injection de carburant dans une chambre de combustion du moteur, ledit véhicule comportant une unité de contrôle moteur embarquée pour la mise en œuvre dudit procédé de pilotage.

10 Un actionneur piézoélectrique est principalement composé de manière connue d'un empilement de céramiques définissant une longueur déterminée, qui possède la propriété de voir cette longueur modifiée sous l'effet d'un champ électrique et inversement de produire un champ électrique sous l'effet d'une contrainte mécanique ; cet empilement est disposé dans un injecteur entre une butée et un moyen de vanne et  
15 fonctionne en résumé de la manière suivante : lors de l'application d'une charge électrique, au moyen d'une tension électrique, à l'actionneur piézoélectrique, sa longueur augmente et ouvre le moyen de vanne de l'injecteur, qui libère ainsi du carburant sous pression, dans la chambre de combustion. Plus précisément, dans le cas d'un système d'injection comportant un rail commun d'injection haute pression et de manière générale,  
20 le moyen de vanne comprend un champignon de fermeture actionné directement par l'actionneur piézoélectrique, et une aiguille associée actionnée par son contact avec la haute pression dans le rail, rendu possible par le déplacement du champignon de fermeture vers sa position d'ouverture sous l'effet de l'actionneur piézoélectrique. Le champignon de fermeture permet en effet lors de son ouverture de mettre en connexion la  
25 haute pression qui provient du rail d'injection et la basse pression du circuit de retour au réservoir du carburant, ce qui modifie l'équilibre de force aux bornes de l'aiguille de l'injecteur, permettant un mouvement ascendant de celle-ci. Du fait de ce mouvement ascendant, l'aiguille libère les ouvertures de la buse de l'injecteur, ce qui permet de réaliser l'injection du carburant dans la chambre de combustion sous l'effet de la haute  
30 pression du rail. Au repos, c'est-à-dire en position de fermeture du moyen de vanne (champignon de fermeture et aiguille fermés), il existe un jeu entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne, plus précisément entre l'actionneur piézoélectrique et le champignon de fermeture, afin de garantir la fermeture de ce moyen de vanne et d'éviter des fuites de carburant non contrôlées vers la chambre de combustion. Ce jeu  
35 sera appelé pour la suite du présent mémoire indifféremment par sa dénomination complète ou par une dénomination raccourcie « jeu actionneur ».

Pour être stable et avoir un comportement reproductible, un actionneur

piézoélectrique doit être polarisé à une valeur de référence, ce qui est fait en usine lors de la fabrication dudit actionneur et avant la mise en service du moteur dans un véhicule. Une telle polarisation, dite polarisation initiale, consiste à appliquer une charge électrique par l'intermédiaire d'une tension déterminée, dite tension de polarisation, pendant un  
5 temps également déterminé, aux bornes de l'actionneur piézoélectrique, ce qui a pour effet d'orienter la structure cristalline de ce dernier selon la direction du champ électrique imposé à l'empilement piézoélectrique, qui correspond à la direction suivant laquelle la variation de dimension de l'actionneur piézoélectrique est souhaitée. Après suppression de cette tension de polarisation initiale aux bornes de l'empilement piézoélectrique, ce  
10 dernier conserve pour son utilisation ultérieure un état de polarisation rémanente.

Cependant, en cours d'utilisation dans un moteur à combustion interne, un actionneur piézoélectrique a tendance à perdre cette polarisation initiale, notamment en raison d'un usage essentiellement urbain du véhicule qui entraîne des régimes moteurs faibles et donc des tensions électriques nominales faibles de commande des injecteurs  
15 sous une faible pression de carburant, largement au-dessous de la tension de polarisation. En effet, la valeur de tension électrique nominale d'alimentation ou de commande appliquée à un actionneur piézoélectrique pour l'ouverture d'un injecteur est ajustée en fonction du couple demandé et du régime moteur. En particulier et le cas échéant, elle est ajustée en fonction de la valeur de la pression de carburant qui s'oppose  
20 à l'ouverture du moyen de vanne de l'injecteur, et plus généralement à l'énergie nécessaire à l'ouverture du moyen de vanne de l'injecteur. Cet ajustement de la charge électrique fournie à l'actionneur piézoélectrique, par exemple via la tension électrique, est ainsi optimisé notamment en fonction de la force de résistance opposée par la pression de carburant et de ce fait évite ou vise à réduire un claquement de l'injecteur sous l'effet  
25 de l'application d'une force d'ouverture du moyen de vanne très supérieure à cette force de résistance.

Il y a lieu de noter que les injecteurs, notamment pour moteur à combustion interne fonctionnant au gazole sous pression élevée, sont de préférence conçus de telle sorte que la pression du carburant est utilisée de façon à ce qu'elle s'applique, dans la  
30 position de fermeture de l'injecteur, du côté du moyen de vanne maintenant celui-ci en position d'appui sur son siège. En outre, la charge électrique nécessaire pour la commande de l'ouverture des injecteurs peut être ajustée en évitant que le bruit généré par cette ouverture des injecteurs soit audible au-delà du bruit moteur général, c'est-à-dire qu'une cartographie des tensions nominales d'ouverture des injecteurs est établie en  
35 usine en fonction des paramètres moteurs.

D'autres conditions d'utilisations, comme des cycles répétés d'augmentation/diminution de la température du moteur, ou de longues périodes sans

utilisation de l'actionneur piézoélectrique, correspondant à des périodes d'immobilisation prolongée du véhicule, peuvent également entraîner dans le temps une modification de la polarisation initiale de l'actionneur piézoélectrique.

La dépolarisation, ou dérive, provoque une rétraction de l'empilement des  
5 céramiques de l'actionneur piézoélectrique et une augmentation consécutive du jeu entre  
l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne. L'augmentation de ce jeu induit un  
contrôle moins précis de l'actionneur, ou dérive, qui peut aboutir jusqu'à la perte d'une ou  
plusieurs injections de faibles quantités de carburant, par exemple des injections dites  
pilotes, l'injecteur n'ayant plus le temps de compenser le jeu et d'ouvrir la vanne pour des  
10 faibles durées d'ouverture, ce qui entraîne un surcroît de bruits moteurs de type cliquetis  
(combustion de l'injection principale avec un fort gradient de pression du fait du manque  
de l'injection pilote), et de pollution, ainsi qu'un désagrément de conduite. Pour des  
durées d'ouverture de l'injecteur plus élevées, la dérive de l'actionneur piézoélectrique  
provoque un mauvais contrôle de la quantité de carburant réellement injectée dans la  
15 chambre de combustion.

On connaît le document DE 10 2010 021448 A1 se rapportant à un procédé  
de régulation de la polarisation d'un actionneur piézoélectrique d'un injecteur. Dans ce  
document, en vue d'un meilleur contrôle de la quantité de carburant injectée et hors  
phase d'injection, un signal de sortie est superposé à une tension de décalage de  
20 l'actionneur piézoélectrique, cette tension de décalage n'ouvrant en aucun cas l'injecteur.

Dans la demande de brevet français FR 1254719 déposée le 23 mai 2012,  
non publiée au jour du dépôt de la présente demande de brevet, le demandeur a proposé  
une solution pour pallier les inconvénients ci-dessus. Cette solution consiste en un  
procédé de pilotage d'au moins un actionneur piézoélectrique d'injecteur de carburant  
25 d'un moteur à combustion interne d'un véhicule, ledit au moins un actionneur  
piézoélectrique agissant sur un moyen de vanne pour ouvrir ou fermer ledit injecteur,  
respectivement autorisant ou stoppant l'injection de carburant dans une chambre de  
combustion du moteur, comprenant les étapes suivantes :

- appliquer une première charge nominale électrique à l'actionneur  
30 piézoélectrique, nécessaire à l'ouverture de l'injecteur, dite charge nominale de  
commande, en fonction du couple demandé et du régime moteur, en sorte  
d'ouvrir le moyen de vanne de l'injecteur pour une injection du carburant dans la  
chambre de combustion,
- commander la fermeture de l'injecteur afin de stopper l'injection de carburant, par  
35 l'application d'une décharge électrique à l'actionneur piézoélectrique en sorte de  
fermer le moyen de vanne,

ledit procédé de pilotage étant appliqué à partir d'une unité de contrôle moteur

embarquée sur le véhicule en fonctionnement, et comprenant en outre une étape consistant à appliquer à l'actionneur piézoélectrique sur ladite charge nominale de commande, après l'application de celle-ci et avant l'étape consistant à commander une fermeture de l'injecteur, au moins une deuxième charge électrique, dite charge de  
5 polarisation, additionnelle à ladite charge nominale de commande, en sorte de polariser l'actionneur piézoélectrique durant une phase d'ouverture de l'injecteur et pendant l'injection du carburant dans la chambre de combustion.

Un tel procédé permet notamment de maintenir la polarisation d'un actionneur quel que soit l'usage du véhicule, puisque cet actionneur est polarisé pendant le  
10 fonctionnement du véhicule. Une résultante de l'application de ce procédé de pilotage d'un actionneur piézoélectrique d'injecteur est qu'il peut se produire une polarisation excessive de l'actionneur piézoélectrique, qui dépasse la polarisation de référence ou initiale faite en usine lors de la fabrication de l'injecteur. L'inconvénient principal qui en résulte peut aller jusqu'à la suppression du jeu entre l'actionneur piézoélectrique et le  
15 moyen de vanne qui garantit la fermeture de ce dernier, entraînant de ce fait une impossibilité de fermeture du moyen de vanne de l'injecteur par accroissement de la longueur au repos de l'actionneur résorbant ledit jeu, et provoquant en conséquence des fuites de carburant dans la chambre de combustion. En effet, la polarisation initiale d'un actionneur (polarisation usine) est réalisée selon un protocole de polarisation  
20 prédéterminé qui est fonction de l'actionneur lui-même et des tensions/intensité de courant disponibles pour le pilotage de l'actionneur par l'unité de contrôle moteur. Cette polarisation usine n'est pas obligatoirement maximale pour un actionneur donné.

La présente invention a pour objectif essentiel de pallier cet inconvénient. Plus précisément, elle consiste en un procédé de pilotage d'un injecteur de carburant d'un  
25 moteur à combustion interne d'un véhicule, ledit injecteur comportant un actionneur piézoélectrique agissant sur un moyen de vanne pour ouvrir ou fermer ledit injecteur, respectivement autorisant ou stoppant l'injection de carburant dans une chambre de combustion du moteur, ledit véhicule comportant une unité de contrôle moteur embarquée pour la mise en œuvre dudit procédé de pilotage, ledit moyen de vanne comprenant un  
30 champignon de fermeture actionné directement par l'actionneur piézoélectrique et une aiguille associée actionnée par son contact avec la haute pression dans le rail, ledit champignon de fermeture permettant lors de son ouverture de mettre en connexion la haute pression qui provient d'un rail d'injection et la basse pression du circuit de retour au réservoir du carburant, ledit procédé de pilotage étant caractérisé en ce qu'il comprend  
35 les étapes suivantes, en fonctionnement normal du véhicule :

- estimer un premier paramètre moteur, représentatif d'un jeu réel entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne,

- Comparer ledit premier paramètre moteur estimé, au paramètre équivalent représentatif du jeu original entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne et préalablement enregistré dans l'unité de contrôle moteur,
  - Si ledit premier paramètre moteur estimé s'écarte dudit paramètre équivalent représentatif dudit jeu original, de telle sorte que ledit jeu réel est supérieur au dit jeu original :
    - Appliquer une première charge nominale électrique à l'actionneur piézoélectrique, nécessaire à l'ouverture de l'injecteur, dite charge nominale de commande, en fonction du couple demandé et du régime moteur, en sorte d'ouvrir le moyen de vanne de l'injecteur pour une injection du carburant dans la chambre de combustion,
    - Appliquer à l'actionneur piézoélectrique sur ladite charge nominale de commande, après l'application de celle-ci et avant l'étape consistant à commander une fermeture de l'injecteur, au moins une deuxième charge électrique, ou charge de polarisation, additionnelle à la charge nominale de commande, en sorte de polariser l'actionneur piézoélectrique durant une phase d'ouverture de l'injecteur et pendant l'injection du carburant dans la chambre de combustion,
    - Commander la fermeture de l'injecteur afin de stopper l'injection de carburant, par l'application d'au moins une décharge électrique à l'actionneur piézoélectrique en sorte de fermer le moyen de vanne,
  - Si ledit premier paramètre moteur estimé s'écarte dudit paramètre équivalent représentatif dudit jeu original, de telle sorte que ledit jeu réel est inférieur ou égal au dit jeu original, ne pas appliquer à l'actionneur piézoélectrique dudit injecteur ladite deuxième charge électrique, dite charge de polarisation.

Le procédé selon l'invention permet d'évaluer le besoin en polarisation de l'actionneur piézoélectrique à partir d'une évaluation de la dérive de l'injecteur, au moyen d'une évaluation du jeu de l'actionneur, par comparaison avec le jeu correspondant original ou initial de l'actionneur établi en usine ou jeu initial constructeur, et d'éviter ainsi toute polarisation excessive de l'actionneur. Le procédé peut être appliqué en boucle par l'unité de contrôle moteur afin d'établir une surveillance de la charge de polarisation appliquée lors de l'ouverture de l'injecteur, pourvoyant au maintien de l'injecteur à ses caractéristiques initiales. Le procédé peut en outre être avantageusement utilisé pour participer dans une certaine mesure à la correction de l'usure de l'injecteur, en asservissant l'application de la charge de polarisation au maintien de la cartographie initiale de l'injecteur, pouvant ainsi amener à modifier la longueur initiale de l'actionneur

piézoélectrique en vue de compenser l'usure mécanique des éléments de l'injecteur.

Selon une caractéristique avantageuse, ledit premier paramètre moteur estimé représentatif d'un jeu réel entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne, est une durée mesurée de temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une  
5 impulsion électrique faible correspondant à une variation test déterminée de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection dudit moteur, pour une durée d'activation électrique de l'injecteur prédéterminée de référence.

Le temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique est défini comme étant le temps nécessaire pour appliquer une charge  
10 électrique donnée selon un courant d'intensité donné à l'actionneur piézoélectrique. Cette caractéristique propose le choix de la mesure de ce temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique faible entraînant une variation déterminée de la pression du rail commun d'injection correspondant à une durée d'activation électrique de l'injecteur prédéterminée de référence, comme paramètre moteur représentatif en vue du  
15 contrôle de l'activation de la charge de polarisation pendant l'ouverture de l'injecteur. Par durée d'activation électrique de l'injecteur, on entend sensiblement la durée de maintien de la charge électrique aux bornes de l'actionneur piézoélectrique. La chute de pression rail est très sensible à l'activation du moyen de vanne d'un injecteur, et plus précisément à l'activation du champignon de fermeture de l'injecteur. Un tel contrôle de l'état du jeu de  
20 l'actionneur peut être avantageusement effectué en quasi permanence lorsque le véhicule est en fonctionnement, à l'exception des phases mêmes d'injection de carburant dans la chambre de combustion. Ce test peut par exemple être réalisé dans un cycle moteur après le point mort haut de compression, pendant le temps de la détente moteur.

Selon une caractéristique avantageuse de la précédente, l'étape consistant à  
25 mesurer la durée du temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique faible correspondant à une variation test déterminée de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection dudit moteur pour une durée d'activation électrique de l'injecteur prédéterminée de référence, comprend les étapes suivantes :

- 30
- Choisir une variation test de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection du moteur, correspondant à une durée déterminée d'un temps d'application d'un courant électrique déterminé aux bornes de l'actionneur piézoélectrique donnant une charge électrique test faible aux bornes de l'actionneur, définissant la durée d'activation électrique de l'injecteur  
35 prédéterminée de référence, de telle sorte qu'une fuite de carburant s'établisse à partir du rail commun à travers l'injecteur vers le retour réservoir sans que l'aiguille de l'injecteur ne s'ouvre,

- Appliquer aux bornes de l'actionneur piézoélectrique une charge électrique faible, de telle sorte qu'une fuite de carburant s'établisse à partir du rail commun à travers l'injecteur vers le retour réservoir sans que l'aiguille de l'injecteur ne s'ouvre,
- 5 • Maintenir cette charge pendant ladite durée d'activation électrique afin d'obtenir une mesure de la variation de pression dans le rail commun d'injection,
- Comparer ladite mesure de la variation de pression obtenue avec ladite variation test choisie de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection,
- 10 • Itérer les trois étapes précédentes en modifiant le temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique, jusqu'à ce que ladite variation de pression mesurée soit égale à ladite variation test de pression, et mesurer la durée du temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique, pour laquelle la variation de pression mesurée est égale à la variation test de pression.

15 Cette caractéristique consiste à réaliser un test sur l'injecteur consistant à appliquer une charge électrique faible à l'actionneur piézoélectrique et à la maintenir pendant un certain temps, puis à décharger cette charge électrique, sans injecter de carburant dans la chambre de combustion, donc sans ouvrir l'aiguille de l'injecteur. Essentiellement, il s'agit d'appliquer une impulsion électrique de faible intensité à

20 l'actionneur piézoélectrique induisant l'application d'une tension faible aux bornes de l'actionneur piézoélectrique entraînant un allongement faible de ce dernier, qui provoque un petit déplacement du champignon de fermeture dans le sens de son ouverture, de telle sorte qu'un flux de carburant traverse l'injecteur vers le circuit de retour du carburant en

25 mouvement dans le sens de l'ouverture de la buse d'injection sous l'effet de la mise en contact avec la haute pression déclenchée par l'ouverture du champignon de fermeture. Ensuite, il y a lieu de décharger cette charge électrique afin de refermer le champignon de fermeture au bout d'un temps déterminé d'activation de l'injecteur correspondant à une

30 chute de pression donnée. Un tel test permet avantageusement par comparaison de la durée de la charge électrique mesurée pour obtenir la variation choisie (test) de pression du carburant dans le rail commun pour une durée d'activation électrique de l'injecteur prédéterminée de référence, avec la durée de la charge électrique enregistrée dans l'unité

35 de contrôle moteur, pour la même variation test de pression dans le rail issue d'une impulsion test appliquée à l'injecteur dans son état initial ou sortie usine, d'évaluer la dérive de l'injecteur correspondant quasiment à la dérive du jeu réel entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne de l'injecteur par rapport au jeu initial. En effet, cette mesure faite sans ouverture de l'injecteur, donc sans déplacement de l'aiguille, ne fait

entrer que peu de pièces en mouvement (le champignon de fermeture) et la dérive trouvée peut être attribuée en totalité ou quasi-totalité au dit jeu de l'actionneur. Si la durée de la charge mesurée aux bornes de l'actionneur piézoélectrique est plus grande que celle prévue ou enregistrée, pour une variation test donnée de pression dans le rail, cela signifie que le jeu entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne a  
5 augmenté car il faut plus de temps pour évacuer la même quantité de carburant hors du rail. Au contraire, si la durée de la charge mesurée est plus petite que celle prévue ou enregistrée, pour une variation test donnée de pression dans le rail, cela signifie que le jeu entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne a diminué car il faut moins de  
10 temps pour évacuer la même quantité de carburant hors du rail. En effet, le temps que met l'actionneur piézoélectrique à rattraper le jeu durant l'application d'une impulsion de courant d'une durée déterminée à ses bornes est pris sur le temps de passage du carburant à travers l'injecteur champignon de fermeture ouvert ; la quantité de carburant traversant l'injecteur durant une impulsion de courant, et par voie de conséquence la  
15 pression de carburant dans le rail commun, est donc fonction directement du jeu entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne de l'injecteur.

Selon une caractéristique alternative avantageuse, ledit premier paramètre moteur estimé représentatif d'un jeu réel entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne, est une quantité test de carburant réellement injectée par l'injecteur dans la  
20 chambre de combustion, en réponse à une commande d'injection d'une quantité test de carburant prédéterminée par l'unité de contrôle moteur, dans ladite chambre de combustion.

Cette caractéristique offre le choix d'un premier paramètre moteur estimé contenant une information représentative du jeu de l'actionneur piézoélectrique, en une  
25 quantité test injectée de carburant dans la chambre de combustion, évaluée à partir d'un deuxième paramètre moteur mesuré en relation avec celle-ci, par comparaison avec la quantité test commandée de carburant prédéterminée par l'unité de contrôle moteur.

Selon une caractéristique avantageuse de la précédente, l'étape consistant à estimer ladite quantité test de carburant réellement injectée par l'injecteur dans la  
30 chambre de combustion, comprend les étapes suivantes :

- Commander l'injection de ladite quantité test de carburant prédéterminée par l'unité de contrôle moteur, dans ladite chambre de combustion, en vue de contrôler la quantité test réelle de carburant injectée en réponse à ladite commande,
- 35 • Mesurer un deuxième paramètre moteur, représentatif de la quantité test réelle injectée de carburant en réponse à ladite commande d'injection de ladite quantité test de carburant prédéterminée,

- Déterminer à partir dudit deuxième paramètre mesuré, ladite quantité test réelle injectée de carburant en réponse à ladite commande d'injection de ladite quantité test de carburant prédéterminée.

Selon une caractéristique avantageuse de la précédente, ladite étape  
5 consistant à mesurer un deuxième paramètre moteur, représentatif de la quantité test réelle injectée de carburant en réponse à ladite commande d'injection d'une quantité test de carburant prédéterminée par l'unité de contrôle moteur, consiste en la mesure du régime moteur avant et après l'injection de la quantité test réelle de carburant injectée en  
10 l'unité de contrôle moteur, pour obtenir la variation de régime moteur ou de couple moteur issue de l'injection de la quantité réelle de carburant.

Cette caractéristique propose le choix du régime moteur pour obtenir l'accélération du vilebrequin moteur ou le couple moteur, comme deuxième paramètre  
15 moteur représentatif en vue du contrôle de l'activation de la charge de polarisation pendant l'ouverture de l'injecteur. La détermination de l'accélération du vilebrequin ou la variation de couple moteur peut être avantageusement obtenue de manière connue au moyen du capteur de position du vilebrequin, déjà en place dans le moteur pour assurer le fonctionnement de l'unité de contrôle moteur qui nécessite notamment la connaissance  
20 de la position angulaire du vilebrequin et du temps écoulé entre deux positions déterminées du vilebrequin. La quantité test de carburant prédéterminée peut être injectée de préférence autour du point mort haut de compression, pendant la phase de détente de combustion.

Selon une caractéristique avantageuse, ladite quantité de carburant prédéterminée par l'unité de contrôle moteur, dont l'injection est commandée dans ladite  
25 chambre de combustion en vue de contrôler la quantité réelle de carburant injectée, est définie à partir d'une table de correspondance entre des temps de maintien de charges électriques appliquées à l'injecteur et des quantités correspondantes de carburant injectées, en fonction d'une plage de pression carburant dans un rail commun d'injection.

Selon une caractéristique avantageuse, l'étape consistant à comparer la  
30 quantité test réelle injectée de carburant à la quantité test de carburant prédéterminée par l'unité de contrôle moteur comprend l'application d'un facteur correctif.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture qui suit de deux exemples de modes de réalisation d'un procédé  
35 de pilotage d'un injecteur de carburant, selon l'invention, accompagnée des dessins annexés, exemples donnés à titre illustratif non limitatif.

La figure 1 représente un logigramme d'un exemple de mode de réalisation du procédé de pilotage d'un injecteur de carburant, selon l'invention.

La figure 2 représente un logigramme du procédé de pilotage d'un injecteur de carburant, selon la figure 1, selon un premier exemple du paramètre moteur représentatif d'un jeu réel entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne de l'injecteur.

La figure 3 représente un logigramme du procédé de pilotage d'un injecteur de carburant, selon la figure 1, selon un deuxième exemple du paramètre moteur représentatif d'un jeu réel entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne de l'injecteur.

La figure 4a représente deux diagrammes schématiques synchronisés du profil de la tension aux bornes d'un actionneur piézoélectrique en fonction du temps durant l'ouverture de l'injecteur, suivant un premier (trait pointillé) et un deuxième (trait continu) exemples de modes d'application d'une charge de polarisation à un actionneur piézoélectrique.

La figure 4b représente deux diagrammes schématiques synchronisés avec la figure 4a, d'un premier (trait pointillé) et d'un deuxième (trait continu) profils d'intensité du courant de charge/décharge traversant l'actionneur piézoélectrique en fonction du temps, correspondant respectivement aux premier et deuxième exemples de profil de la tension de la figure 4a.

Le logigramme représenté sur la figure 1 se rapporte à un procédé de pilotage d'un injecteur de carburant d'un moteur à combustion interne d'un véhicule, non représentés, l'injecteur comportant de manière connue un actionneur piézoélectrique agissant sur un moyen de vanne pour ouvrir ou fermer l'injecteur, respectivement autorisant ou stoppant l'injection de carburant dans une chambre de combustion du moteur. Le véhicule comporte de manière connue une unité de contrôle moteur embarquée (ECU en anglais pour Engine Control Unit), non représentée, qui est utilisée pour la mise en œuvre du procédé de pilotage selon l'invention qui est décrit, par implémentation d'un logiciel de mise en œuvre du procédé de pilotage.

Comme représenté sur la figure 1, le procédé comprend les étapes suivantes, en fonctionnement normal du véhicule, moteur tournant véhicule roulant ou à l'arrêt :

- Etape 100 : Activer la charge de polarisation de l'actionneur piézoélectrique dès la mise en marche du moteur du véhicule,
- Etape 200 : Estimer un premier paramètre moteur  $P_{jEST}$ , représentatif d'un jeu réel  $J_{REEL}$  entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne,
- Etape 300 : Comparer le premier paramètre moteur estimé  $P_{jEST}$  au paramètre équivalent  $P_{jECU}$ , représentatif du jeu équivalent original ou initial  $J_{INIT}$  entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne et préalablement enregistré dans l'unité de contrôle moteur :
  - Etape 400 : Si le premier paramètre moteur estimé  $P_{jEST}$  s'écarte du

paramètre équivalent  $P_{J_{ECU}}$  représentatif du jeu équivalent original  $J_{INIT}$ , de telle sorte que le jeu réel  $J_{REEL}$  de l'actionneur est supérieur à son jeu original  $J_{INIT}$ , alors comme représenté sur les figures 4a et 4b :

- 5                   • Appliquer une première charge  $Q_c$  nominale électrique à l'actionneur piézoélectrique, nécessaire à l'ouverture de l'injecteur, dite charge nominale de commande  $Q_c$ , en fonction du couple demandé et du régime moteur, en sorte d'ouvrir le moyen de vanne de l'injecteur pour une injection du carburant dans la chambre de combustion,
- 10                  • Appliquer à l'actionneur piézoélectrique sur la charge nominale de commande  $Q_c$ , après l'application de celle-ci et avant l'étape consistant à commander une fermeture de l'injecteur, au moins une deuxième charge électrique, ou charge de polarisation  $Q_p$ , additionnelle à la charge nominale de commande  $Q_c$ , en sorte de polariser l'actionneur piézoélectrique durant une phase d'ouverture
- 15                  de l'injecteur et pendant l'injection du carburant dans la chambre de combustion,
- Commander la fermeture de l'injecteur afin de stopper l'injection de carburant, par l'application d'au moins une décharge  $Q_d$  électrique à l'actionneur piézoélectrique en sorte de fermer le moyen de vanne,
- 20                  – Etape 500 : Si le premier paramètre moteur estimé  $P_{J_{EST}}$  s'écarte du paramètre équivalent  $P_{J_{ECU}}$  représentatif du jeu original  $J_{INIT}$  de l'actionneur, de telle sorte que le jeu réel  $J_{REEL}$  de ce dernier est inférieur ou égal à son jeu original  $J_{INIT}$ , ne pas appliquer à l'actionneur piézoélectrique de l'injecteur la deuxième charge  $Q_p$  électrique, dite
- 25                  charge de polarisation, conformément à l'étape 600 de la figure 1.

L'étape d'activation 100 de la charge de polarisation de l'actionneur piézoélectrique avantageusement dès la mise en marche du moteur du véhicule, est plus particulièrement décrite ci-dessous avec l'aide des figures 4a et 4b, par exemple par défaut à chaque injection principale.

- 30                  Les figures 4a et 4b se rapportent à des diagrammes schématiques d'un exemple de pilotage d'injecteur à actionneur piézoélectrique, pour lesquels : le diagramme de la figure 4a est un exemple de profil de la tension électrique appliquée aux bornes de l'actionneur piézoélectrique en fonction du temps durant l'ouverture de l'injecteur ; et le diagramme de la figure 4b représente un exemple de profil d'intensité de
- 35                  courant de charge appliqué à l'actionneur piézoélectrique en fonction du temps. L'échelle de temps sur les deux diagrammes est représentée de manière synchronisée : par exemple, les quatre traits pointillés verticaux 1, 2, 3, 4 tracés à cheval sur les deux

figures 4a et 4b correspondent à quatre instants  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  différents sur l'échelle de temps, respectivement, chacun de ces quatre instants  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  étant le même pour les deux diagrammes.

Sur la figure 4a, on peut voir que la tension électrique  $U_{inj}$  de charge  
5 appliquée, représentée sur l'axe des ordonnées, comporte par exemple un gradient constant et continu à partir de l'instant  $t_1$  qui correspond à la commande d'ouverture de l'injecteur jusqu'à l'instant  $t_2$  correspondant à un niveau de tension nominale de commande  $U_c$  de l'actionneur piézoélectrique appliqué pour l'ouverture de l'injecteur, c'est-à-dire pour l'allongement ou la décontraction de l'actionneur piézoélectrique ; ce  
10 niveau de tension nominale  $U_c$  est prédéterminé par une cartographie d'injection du moteur connue (non représentée), et correspond à la tension minimale nécessaire pour obtenir une ouverture de l'injecteur produisant notamment un bruit minimal, adaptée pour un couple moteur demandé et un régime du moteur. La tension nominale  $U_c$  représentée sur la figure 4a est inférieure à une valeur de tension de polarisation  $U_p$  de l'actionneur  
15 piézoélectrique. La tension  $U_{inj}$  appliquée à l'actionneur piézoélectrique est ensuite maintenue constante au niveau de la tension nominale  $U_c$ . Du fait de l'utilisation sous sa fréquence de résonance, l'élément piézoélectrique se comporte comme un élément capacitif, et conserve sa tension  $U_c$  appliquée à ses bornes. En l'absence (non représentée) de charge de polarisation au niveau de tension  $U_p$ , cette tension nominale  
20  $U_c$  serait maintenue constante jusqu'à l'instant  $t_3$  correspondant à la commande de fermeture du moyen de vanne, qui est représenté sur l'axe des abscisses  $t$  correspondant à l'échelle de temps, c'est-à-dire durant un temps  $t_3 - t_2$  minimal d'ouverture complète du moyen de vanne. Puis, à partir de l'instant  $t_3$ , la tension  $U_{inj}$  décroît jusqu'à l'instant  $t_4$  pour la fermeture de l'injecteur, résultant d'une ou plusieurs décharges électriques de  
25 l'actionneur piézoélectrique qui retrouve ainsi sa longueur initiale contractée correspondant à la fermeture de l'injecteur. La ou les décharges électriques peuvent être obtenues par exemple au moyen d'une ou plusieurs mises en court-circuit des bornes de l'actionneur piézoélectrique.

La figure 4b montre de manière schématique sur l'axe des ordonnées  $I$   
30 correspondant au courant de charge/décharge traversant l'actionneur piézoélectrique, une première courbe d'intensité de courant de charge  $I_c$ , entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ , correspondant à l'application de la tension nominale  $U_c$  en vue de l'ouverture de l'injecteur par accroissement de la longueur de l'actionneur, et une deuxième courbe d'intensité de courant de décharge  $I_d$  pour la fermeture de l'injecteur qui correspond à la  
35 chute de la tension  $U_{inj}$  jusqu'à l'instant  $t_4$ , résultant d'une ou plusieurs décharges électriques de l'actionneur piézoélectrique, par exemple par une ou plusieurs mises en court-circuit des bornes de ce dernier, en vue d'obtenir une contraction rapide de

l'actionneur piézoélectrique et ainsi la fermeture de l'injecteur. La charge électrique  $Q_c$  appliquée à l'actionneur piézoélectrique pour l'ouverture de l'injecteur peut être calculée de manière connue à partir de l'aire 9 sur la figure 4b, définie entre la courbe de l'impulsion du courant de charge  $I_c$  et l'axe  $t$  des abscisses ; il en est de même avec la ou  
5 les décharges électriques  $Q_d$  appliquées à l'actionneur piézoélectrique pour fermer l'injecteur, à partir de l'aire 10 sur la figure 4b, définie entre la courbe d'impulsion du courant  $I_d$  de décharge et l'axe  $t$  des abscisses pour la fermeture de l'injecteur, et qui est par exemple sensiblement au moins égale à  $-(Q_c+Q_p)$  afin de garantir la fermeture de l'injecteur.

10 Sur les figures 4a et 4b, il a été ajouté deux traits pointillés verticaux 5 et 6 tracés à cheval sur les deux figures 4a et 4b, qui correspondent respectivement à deux instants  $t_5$  et  $t_6$  différents sur l'échelle de temps  $t$ , chacun de ces deux instants  $t_5$  et  $t_6$  étant le même pour les deux diagrammes 4a et 4b, les instants  $t_5$  et  $t_6$  étant compris entre les instants  $t_2$  et  $t_3$  comme expliqué en détail au-dessous.

15 L'électronique de commande d'un actionneur piézoélectrique est connue de l'homme du métier et ne sera pas décrite plus en détail ici. Pour l'application du procédé de pilotage de l'actionneur piézoélectrique ou de l'injecteur selon les figures 4a et 4b, l'électronique de commande telle que connue peut convenir. Ce procédé de pilotage de l'actionneur piézoélectrique ou de l'injecteur peut être mis en œuvre au moyen d'un  
20 logiciel de pilotage qui sera implémenté dans l'unité de contrôle moteur du véhicule.

Le premier exemple (trait pointillé) de procédé représenté schématiquement sur les figures 4a et 4b est un exemple de procédé de pilotage d'au moins un actionneur piézoélectrique d'injecteur de carburant d'un moteur à combustion interne d'un véhicule, l'actionneur piézoélectrique agissant sur un moyen de vanne pour ouvrir ou fermer  
25 l'injecteur, respectivement autorisant ou stoppant l'injection de carburant dans une chambre de combustion du moteur comme expliqué en détail plus haut en début du présent mémoire. Il est à noter que seuls les signaux de commande en tension et en intensité de courant de charge appliqués à, et traversant l'actionneur piézoélectrique ont été représentés sur les figures, le procédé de pilotage d'un actionneur piézoélectrique  
30 décrit pouvant être appliqué sur un moteur à combustion interne de type connu muni d'injecteurs également de type connu, qui n'ont donc pas été représentés.

Le procédé de pilotage selon les figures 4a et 4b est appliqué à partir d'une unité de contrôle moteur ECU (non représentée) de type connu embarquée sur le véhicule en fonctionnement, et comprend les étapes suivantes consistant à :

- 35
- appliquer de manière connue une première charge  $Q_c$  nominale électrique à l'actionneur piézoélectrique, nécessaire à l'ouverture de l'injecteur, dite charge nominale de commande  $Q_c$ , entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ , en fonction du couple

demandé et du régime moteur, par exemple selon un gradient de tension conventionnel prédéterminé dans l'unité de contrôle moteur, en sorte d'ouvrir le moyen de vanne de l'injecteur pour une injection du carburant dans la chambre de combustion, comme représenté sur la figure 4b,

- 5
- appliquer selon l'invention à l'actionneur piézoélectrique sur la charge nominale de commande  $Q_c$ , à partir d'un instant  $t_5$  postérieur à  $t_2$ , donc après l'application de la charge  $Q_c$  et avant l'étape consistant à commander une fermeture de l'injecteur, donc avant l'instant  $t_3$ , une deuxième charge électrique  $Q_p$ , dite charge de polarisation  $Q_p$ , additionnelle à la charge nominale de commande  $Q_c$ ,

10

en sorte de polariser l'actionneur piézoélectrique durant une phase d'ouverture de l'injecteur et pendant l'injection du carburant dans la chambre de combustion, comme représenté sur la figure 4b,

    - commander ensuite la fermeture de l'injecteur afin de stopper l'injection de carburant, par l'application d'au moins une décharge électrique  $Q_d$  à l'actionneur piézoélectrique, entre les instants  $t_5$  et  $t_4$ , comme représenté sur la figure 4b.

15

Comme représenté sur la figure 4b, la charge de polarisation  $Q_p$ , définie par un profil correspondant de courant appliqué à l'actionneur piézoélectrique, est avantageusement découplée de la charge nominale de commande  $Q_c$ , se traduisant dans l'exemple par le fait que la fin de la charge de commande  $Q_c$  et le début de la charge

20

polarisation  $Q_p$  sont séparées d'un temps  $t_5 - t_2$  non nul.

Les première  $Q_c$  et deuxième  $Q_p$  charges électriques sont par exemple obtenues par l'application d'une première  $U_c$  et d'une deuxième  $U_p$  tensions électriques, dites tension de charge nominale  $U_c$  et tension de polarisation  $U_p$  de l'actionneur piézoélectrique, respectivement, la tension électrique de polarisation  $U_p$  étant supérieure

25

à la tension électrique de charge nominale  $U_c$ , comme représenté sur la figure 4a.

On notera que, dans les exemples de modes de réalisation suivant la figure 4a, les première  $U_c$  et deuxième  $U_p$  tensions électriques forment un palier 7 dans le gradient de la tension appliqué aux bornes de l'actionneur piézoélectrique. Ce palier 7 de tension, représentant le délai s'écoulant entre la fin de l'application de la charge électrique de commande  $Q_c$  d'ouverture de l'injecteur et le début de l'application de la charge de polarisation  $Q_p$  de l'actionneur, soit un temps égal à  $t_5 - t_2$ , peut être compris

30

entre 0 (exclu) et quelques microsecondes, ou bien former un palier plus marqué de l'ordre de plusieurs microsecondes, par exemple de 10 à 100  $\mu s$ , suivant le temps conventionnel disponible pour appliquer une charge de polarisation pendant l'ouverture de

35

l'injecteur, donné par l'unité de contrôle moteur. Le temps minimal est défini de préférence afin que les charges  $Q_c$  et  $Q_p$  soient découplées, c'est-à-dire qu'elles soient séparées dans le temps.

Par ailleurs, les gradients de tension appliqués aux bornes de l'actionneur piézoélectrique, entre les instants  $t_1$  et  $t_2$  d'une part pour la commande de l'ouverture de l'injecteur, et après l'instant  $t_2$  d'autre part en vue de la polarisation de l'actionneur, sont représentés sur la figure 4a comme ayant la même valeur ou sensiblement la même  
5 valeur. Il y a lieu de noter cependant que ces gradients peuvent être différents l'un de l'autre.

Il est à noter que les figures 4a et 4b illustrent par exemple une injection principale de carburant, étant entendu que le procédé selon l'invention peut être appliqué à un cycle comportant des injections multiples, par exemple réalisées en plusieurs fois  
10 réparties en au moins une injection pilote et au moins une injection principale, la charge  $Q_p$  de polarisation ou tension de polarisation  $U_p$  étant de préférence dans ce cas appliquée durant l'injection principale.

La tension de polarisation  $U_p$  aux bornes de l'actionneur piézoélectrique reste constante du fait que celui-ci est utilisé sous sa fréquence de résonance, entraînant un  
15 comportement équivalent à un élément capacitif. L'élément piézoélectrique conserve alors la tension  $U_p$  appliquée à ses bornes, jusqu'à la décharge électrique de l'actionneur pour la fermeture de l'injecteur ou jusqu'à la décharge électrique de la polarisation, c'est-à-dire jusqu'à l'instant  $t_3$ , comme détaillé plus loin.

Suivant le premier exemple de mode de réalisation représenté en trait pointillé sur les figures 4a et 4b, l'étape consistant à commander la fermeture de l'injecteur, comprend l'application d'une première décharge électrique  $Q_{dp}$  de l'actionneur piézoélectrique jusqu'à la charge nominale de commande  $Q_c$  de celui-ci, ou sensiblement cette charge nominale  $Q_c$ , suivie d'une deuxième décharge électrique  $Q_{dc1}$  de l'actionneur jusqu'à la fermeture du moyen de vanne, comme représenté sur la partie en  
25 trait pointillé de la figure 4b.

Dans ce premier exemple, la première décharge  $Q_{dp}$  est appliquée avant l'instant  $t_3$ , soit avant la commande de fermeture de l'injecteur, de telle sorte que la première  $Q_{dp}$  et la deuxième  $Q_{dc1}$  décharges électriques de l'actionneur piézoélectrique soient découplées, comme représenté sur la figure 4b. Dans l'exemple, le découplage des  
30 décharges  $Q_{dp}$  et  $Q_{dc1}$  se traduit par l'existence d'un délai non nul entre l'instant  $t_6$  correspondant à la fin de la décharge de polarisation  $Q_{dp}$  et l'instant  $t_3$  ultérieur correspondant au début de la décharge de commande  $Q_{dc1}$  de la fermeture de l'injecteur.

Comme représenté sur la figure 4a en trait pointillé en correspondance synchronisée avec la figure 4b, la première décharge électrique  $Q_{dp}$  de l'actionneur piézoélectrique jusqu'à la charge nominale de commande  $Q_c$  est avantageusement constituée d'un premier courant électrique de décharge réduisant par exemple la tension aux bornes de l'actionneur piézoélectrique jusqu'à la tension de charge nominale  $U_c$ , la

deuxième décharge électrique Qdc1 de l'actionneur étant constituée d'un deuxième courant électrique de décharge jusqu'au retour de l'actionneur piézoélectrique à sa longueur initiale entraînant la fermeture de l'injecteur. Les premier et deuxième courants électriques de décharge Id peuvent par exemple être obtenus par une première et une  
5 deuxième mises en court-circuit des bornes de l'actionneur piézoélectrique.

On notera sur la figure 4a et sur la courbe en trait pointillé du premier exemple, que les première et deuxième tensions électriques de décharge de l'actionneur piézoélectrique forment un palier 8 dans le gradient de la tension de décharge appliqué à l'actionneur piézoélectrique. Ce palier 8 de tension, représentant le délai s'écoulant entre  
10 l'instant  $t_6$  de la fin de l'application de la décharge électrique de polarisation Qdp de l'actionneur et l'instant  $t_3$  ultérieur du début de l'application de la décharge de commande Qdc1, soit un temps égal à  $t_6 - t_3$ , peut être compris entre 0 (exclu) et quelques microsecondes, ou bien former un palier plus marqué de l'ordre de plusieurs microsecondes, par exemple de 10 à 100  $\mu$ s, suivant le temps conventionnel disponible  
15 pour appliquer la décharge de commande pour la fermeture de l'injecteur, donné par l'unité de contrôle moteur qui impose le délai d'ouverture de l'injecteur. Le temps minimal est défini de préférence afin que les décharges électriques Qdp et Qdc1 soient découplées, c'est-à-dire qu'elles soient séparées dans le temps.

Par ailleurs, les gradients de chute de tension appliqués à l'actionneur piézoélectrique sur la figure 4a (pointillé), pour la décharge de polarisation d'une part (avant l'instant  $t_3$ ), et pour la décharge de l'actionneur en vue de la fermeture de l'injecteur (à partir de l'instant  $t_3$ ), sont représentés sur la figure 4a comme ayant la même valeur ou sensiblement la même valeur. Il y a lieu de noter cependant que ces gradients peuvent être différents l'un de l'autre. En outre, le ou les gradients de décharge peuvent être  
25 différents du ou des gradients de charge en valeur absolue.

Les figures 4a et 4b vont maintenant être décrites relativement au deuxième exemple de mode de réalisation (trait continu).

Il est à noter que ce deuxième exemple présente sur les figures 4a et 4b, une partie commune avec le premier exemple décrit plus haut, qui comprend la commande de la charge Qc d'ouverture de l'injecteur et la commande de la charge de polarisation Qp, comme représenté. La différence réside dans un mode différent de pilotage de la décharge de l'actionneur piézoélectrique en vue de la fermeture de l'injecteur, après avoir appliqué la charge de polarisation Qp. Cette différence réside plus précisément dans l'absence de palier de tension dans la décharge de l'actionneur, résultant d'une décharge  
35 Qdc2 électrique de l'actionneur dans ce deuxième exemple réalisée en une seule fois à partir de la charge de polarisation Qp, comme représenté sur la figure 4b. Sur la figure 4a, on voit que la tension de décharge chute entre les instants  $t_3$  et  $t_4$ , pour atteindre une

valeur nulle à l'instant  $t_4$ , correspondant à la position de fermeture de l'injecteur, selon un gradient constant. Dans ce deuxième exemple, la première décharge  $Q_{dp}$  du premier exemple est donc inexistante, et la seule décharge  $Q_{dc2}$  est ici appliquée à l'instant  $t_3$  à partir de la tension de polarisation  $U_p$ , et représente la fermeture de l'injecteur en une  
5 commande unique à partir de la tension de polarisation  $U_p$ .

L'application de ce deuxième mode de réalisation dépend du temps disponible d'ouverture de l'injecteur et le cas échéant du niveau de bruit admissible pour la fermeture de l'injecteur. Ce deuxième mode de réalisation si applicable, permet de disposer d'un temps plus long de maintien de l'actionneur à la tension de polarisation  $U_p$ .

10 De manière préférentielle, la charge de polarisation est appliquée en permanence et de manière continue lors du fonctionnement du moteur dans le véhicule, afin de s'assurer d'une tension de polarisation unique sur la plage de valeurs couple/vitesse de rotation du moteur. De manière alternative, la charge de polarisation peut être désactivée au-dessus d'un seuil prédéterminé de valeurs couple/vitesse de  
15 rotation du moteur correspondant à des valeurs de tensions de commande des actionneurs piézoélectriques, voisines de la tension de polarisation.

A titre d'exemple, l'accroissement de tension électrique entre la tension de charge  $U_c$  et la tension de polarisation  $U_p$ , peut être compris entre 0 (exclu) et 40 volts, pour atteindre une valeur de tension de polarisation  $U_p$  maximale de l'ordre de 140 Volts  
20 par exemple, la plage utilisée de tensions de commande  $U_c$  de l'actionneur piézoélectrique en fonction du régime moteur et du couple moteur demandé étant sensiblement comprise entre 100 et 140 Volts dans l'exemple.

La charge de polarisation telle que décrite à l'aide des figures 4a et 4b est par exemple avantageusement appliquée en continue à l'ensemble des injecteurs du moteur  
25 du véhicule, à chaque ouverture d'un injecteur pour une injection principale de carburant, à l'exception d'une désactivation de la charge de polarisation dans le cadre du procédé de pilotage selon l'invention d'un injecteur, comme expliqué plus loin.

Comme représenté sur l'exemple de la figure 2 à l'étape 200, le premier paramètre moteur estimé  $P_{JEST}$  représentatif d'un jeu réel  $J_{REEL}$  entre l'actionneur  
30 piézoélectrique et le moyen de vanne d'un injecteur, est une durée mesurée  $T_{chaMES}$  de temps d'application d'un courant électrique déterminé, délivré par l'unité de contrôle moteur, aux bornes de l'actionneur piézoélectrique définissant une charge électrique faible correspondant à une variation test  $\Delta p_{railTEST}$  déterminée de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection du moteur, pour une durée d'activation  
35 électrique  $T_{iREF}$  de l'injecteur prédéterminée de référence. Rappelons que, par durée d'activation électrique  $T_i$  de l'injecteur, on entend sensiblement la durée de maintien de la charge électrique aux bornes de l'actionneur piézoélectrique. En référence à la figure 4 à

titre d'exemple, le temps ou la durée  $T_{cha}$  correspond à la durée  $t_2 - t_1$ , et la durée  $T_{iREF}$  correspond sensiblement à la durée  $t_3 - t_1$  ou  $t_4 - t_2$ .

Une durée  $T_{iREF}$  prédéterminée de référence correspond à une chute de pression  $\Delta p_{rail_{TEST}}$  déterminée dans le rail commun ; cette chute de pression  $\Delta p_{rail_{TEST}}$  déterminée est choisie et enregistrée dans l'unité de contrôle moteur pour un type d'injecteur donné. Elle servira de référence pour l'évaluation du paramètre  $T_{cha}$ .

Suivant l'étape 200 de la figure 2, on applique un courant électrique déterminé à un actionneur piézoélectrique, pendant une durée de temps d'application donné  $T_{cha}$  définissant une charge appliquée à cet actionneur. Cette charge est maintenue pendant la durée  $T_{iREF}$  prédéterminée, et on mesure après décharge la chute de pression  $\Delta p_{rail_{MES}}$  dans le rail commun. Comme représenté sur la figure 2, on modifie  $T_{cha}$  en boucle jusqu'à ce que la chute de pression  $\Delta p_{rail_{MES}}$  dans le rail commun soit égale à la chute de pression  $\Delta p_{rail_{TEST}}$  enregistrée dans l'unité de contrôle moteur. Lorsque cette chute de pression  $\Delta p_{rail_{TEST}}$  est obtenue, on enregistre le paramètre  $T_{cha_{MES}}$  mesuré correspondant à la chute de pression  $\Delta p_{rail_{TEST}}$ .

Le paramètre  $T_{cha_{MES}}$  correspondant à la chute de pression mesurée  $\Delta p_{rail_{TEST}}$  dans le rail commun, pour la durée  $T_{iREF}$  prédéterminée de référence, est représentatif du jeu initial ou constructeur de l'actionneur par comparaison avec le paramètre correspondant  $T_{cha_{ECU}}$  enregistré dans l'unité de contrôle moteur et correspondant à la même chute de pression  $\Delta p_{rail_{TEST}}$  déterminée enregistrée dans l'unité de contrôle moteur pour le même injecteur dans son état initial ou sortie usine.

Comme représenté sur la figure 2, l'étape 200 consistant à mesurer la durée  $T_{cha_{MES}}$  du temps d'application d'un courant électrique déterminé aux bornes de l'actionneur piézoélectrique définissant une charge électrique faible correspondant à une variation test  $\Delta p_{rail_{TEST}}$  déterminée de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection du moteur, correspondant à la durée  $T_{iREF}$  prédéterminée de référence, comprend avantageusement les étapes suivantes :

- Choisir une variation test de la pression  $\Delta p_{rail_{TEST}}$  du carburant contenu dans un rail commun d'injection du moteur, correspondant à une durée  $T_{cha_{ECU}}$  déterminée d'un temps d'application d'un courant électrique déterminé aux bornes de l'actionneur piézoélectrique donnant une charge électrique test faible aux bornes de l'actionneur, définissant la durée d'activation électrique  $T_{iREF}$  de l'injecteur prédéterminée de référence, de telle sorte qu'une fuite de carburant s'établisse à partir du rail commun à travers l'injecteur vers le retour réservoir sans que l'aiguille de l'injecteur ne s'ouvre,
- Appliquer aux bornes de l'actionneur piézoélectrique une charge électrique faible, de telle sorte qu'une fuite de carburant s'établisse à partir du rail commun

à travers l'injecteur vers le retour réservoir sans que l'aiguille de l'injecteur ne s'ouvre,

- Maintenir cette charge pendant la durée d'activation électrique  $T_{iREF}$  afin d'obtenir une mesure de la variation de pression  $\Delta p_{railMES}$ ,
- 5 • Comparer la mesure de la variation de pression  $\Delta p_{railMES}$  obtenue avec la variation test  $\Delta p_{railTEST}$  choisie de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection,
- Itérer les trois étapes précédentes en modifiant la durée  $T_{cha}$  du temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique, jusqu'à ce
- 10 que la variation de pression mesurée  $\Delta p_{railMES}$  soit égale à la variation test de pression  $\Delta p_{railTEST}$ , et mesurer la durée  $T_{chaMES}$  du temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique, pour laquelle la variation de pression mesurée  $\Delta p_{railMES}$  est égale à la variation test de pression  $\Delta p_{railTEST}$ .

15 La chute de pression test  $\Delta p_{railTEST}$  du carburant dans le rail est à établir en fonction de l'injecteur testé afin d'obtenir la condition de fonctionnement de l'injecteur donnée plus haut (déplacement du champignon de fermeture sans ouverture de l'aiguille). Cette chute de pression test  $\Delta p_{railTEST}$  est enregistrée dans l'unité de contrôle moteur avec la durée d'établissement de charge  $T_{chaECU}$  correspondante appliquée à l'actionneur

20 piézoélectrique sortie usine pour obtenir une telle chute de pression correspondant à la durée  $T_{iREF}$  d'activation électrique de référence de l'injecteur. Il est également possible d'enregistrer le gradient de pression  $grad_{ECU}$  défini par  $\Delta p_{railTEST} / T_{iREF}$ , comme représenté sur la figure 2 à l'étape 204.

Lors de l'étape 200, l'unité de contrôle moteur va chercher lors de

25 commandes ou itérations successives d'actionnement test réalisées sur l'actionneur piézoélectrique d'un injecteur, à mesurer le temps  $T_{chaMES}$  d'établissement de la charge nécessaire pour obtenir la chute de pression test  $\Delta p_{railTEST}$  pour la durée prédéterminée  $T_{iREF}$ , ou plus précisément dans l'exemple le gradient de pression  $grad_{ECU}$  comme expliqué ci-après. Pour cela, la chute de pression rail  $\Delta p_{railMES}$  est mesurée en boucle à

30 chaque itération d'application d'une valeur  $T_{cha}$  jusqu'à ce qu'elle soit égale à  $\Delta p_{railTEST}$ , ou encore que le gradient de pression  $grad_{MES}$  soit égal au gradient de pression  $grad_{ECU}$  enregistré dans l'unité de contrôle moteur.

A titre d'exemple, la variation test de la pression du carburant dans le rail est par exemple de l'ordre de 10 bars, et la charge électrique appliquée à l'actionneur

35 piézoélectrique est telle que la tension à ses bornes est de l'ordre de 50 volts par exemple, la durée  $T_{iREF}$  étant quant à elle comprise entre 3 et 5 millisecondes, par

exemple 3 millisecondes.

Comme représenté sur la figure 2, l'étape 200 comprend par exemple les étapes suivantes :

- 5 • Etape 201 : Mesurer la pression du carburant  $p_{\text{rail}_1}$  dans le rail commun avant d'appliquer une commande d'actionnement test de l'injecteur,
- 10 • Etape 202 : Actionner ensuite l'actionneur piézoélectrique de l'injecteur au moyen d'une charge test électrique faible puis d'une décharge électrique à la fin de la période  $T_{\text{REF}}$  afin de refermer le champignon de fermeture, de telle sorte qu'une fuite de carburant s'établisse à partir du rail à travers l'injecteur vers le circuit de retour réservoir sans que l'aiguille de l'injecteur ne s'ouvre ; enregistrer la durée d'application  $T_{\text{cha}_{\text{TEST}}}$  du courant électrique déterminé aux bornes de l'actionneur, aboutissant à ladite charge test électrique faible et définissant le paramètre  $T_{\text{cha}_{\text{MES}}}$  mesuré,
- 15 • Etape 203 : Mesurer la pression rail  $p_{\text{rail}_2}$  après avoir supprimé la charge test électrique faible déterminée,
- 20 • Etape 204 : Déterminer la variation de pression  $\Delta p_{\text{rail}_{\text{MES}}}$  par différence des pressions mesurées avant et après avoir appliqué et supprimé la charge test électrique faible déterminée, de telle sorte que  $\Delta p_{\text{rail}_{\text{MES}}} = p_{\text{rail}_1} - p_{\text{rail}_2}$  ; rapporter ensuite cette variation de pression  $\Delta p_{\text{rail}_{\text{MES}}}$  à la durée  $T_{\text{REF}}$  prédéterminée de référence pour obtenir le gradient de pression  $\text{grad}_{\text{MES}}$ ,
- 25 • Etape 205 : Comparer le gradient  $\text{grad}_{\text{MES}}$  au gradient enregistré  $\text{grad}_{\text{ECU}}$ ,
  - Etape 206 : Si  $\text{grad}_{\text{MES}}$  est différent de  $\text{grad}_{\text{ECU}}$ , alors recommencer les étapes à partir de l'étape 201 jusqu'à ce que l'on obtienne :  $\text{grad}_{\text{MES}} = \text{grad}_{\text{ECU}}$ ,
  - Etape 207 : Si  $\text{grad}_{\text{MES}} = \text{grad}_{\text{ECU}}$ , alors passer à l'étape 300 de comparaison entre  $T_{\text{cha}_{\text{MES}}}$  mesuré pour cette valeur de  $\text{grad}_{\text{MES}}$ , et  $T_{\text{cha}_{\text{ECU}}}$  tel qu'enregistré dans l'unité de contrôle moteur et correspondant à l'injecteur initial sortie usine, comme expliqué plus loin.

30 La pression de carburant dans le rail commun est mesurée de manière connue au moyen d'un capteur de pression de carburant installé sur le rail commun, et nécessaire pour le fonctionnement normal de l'unité de contrôle moteur.

35 Une solution d'adaptation de la présente invention sur des véhicules existants peut consister à utiliser une partie d'une première fonction de correction de la dérive d'un injecteur piézoélectrique, lorsque cette fonction est déjà présente dans l'unité de contrôle moteur ; c'est le cas pour certains véhicules. Cette première fonction de correction donne notamment une image du jeu de l'injecteur existant entre l'actionneur piézoélectrique et le champignon de fermeture sur lequel il agit pour ouvrir ou fermer l'injecteur. Cette première

fonction de correction utilise comme outil une courbe établissant une relation biunivoque entre une quantité de carburant traversant l'injecteur et générant une chute de pression dans le rail et un temps correspondant de charge électrique appliqué à l'actionneur piézoélectrique de l'injecteur considéré, pour un injecteur neuf sortie d'usine. Cette

5 première fonction consiste notamment à appliquer une impulsion de tension à l'actionneur durant un temps déterminé, soit l'application d'une charge électrique déterminée, qui provoque l'ouverture du champignon de fermeture sans ouvrir l'injecteur et donc sans injecter de carburant dans la chambre de combustion, et entraîne une chute de pression dans le rail par éjection, hors de celui-ci, d'une quantité de carburant qui sort du rail et qui

10 traverse l'injecteur pour retourner au réservoir de carburant. Cette chute de pression est mesurée et est affectée à la durée d'application de l'impulsion de tension. On peut ainsi établir une courbe du gradient de la chute de pression rail en fonction de la durée d'établissement de la charge  $T_{cha_{mes}}$  appliquée à l'actionneur piézoélectrique de l'injecteur. Les chutes de pression initiales (usine) pour des durées données respectives

15 de charges électriques sont connues par étalonnage préalable du système d'injection. Cette partie de la première fonction de correction compare ainsi les chutes de pression mesurées par application de la première fonction de correction, à celles (usines) enregistrées en mémoire de l'unité de contrôle moteur et traduisant le fonctionnement normal ou originel de l'injecteur. C'est cette partie de la première fonction qui peut

20 avantageusement être utilisée pour l'application de la présente invention. Par exemple, si la chute de pression mesurée est plus faible que celle enregistrée pour une durée de charge électrique test donnée, cela signifie (après avoir validé le fonctionnement correct de la pompe à injection de carburant) que la quantité de carburant injectée pendant l'impulsion test a diminué, le temps d'ouverture de l'injecteur ayant donc également

25 diminué, et que le jeu de l'actionneur a donc augmenté, traduisant essentiellement une dérive de l'injecteur ou plus précisément une dépolarisation de son actionneur piézoélectrique. Selon la présente invention, cette partie de la première fonction de correction permettrait également de détecter au moyen de la même comparaison une chute de pression dans le rail plus importante traduisant essentiellement une réduction du

30 jeu de l'actionneur par un temps d'ouverture plus long. La courbe de chute de pression rail en fonction de la durée de charge électrique appliquée à l'actionneur de l'injecteur donne ainsi par relation biunivoque inverse la durée de charge électrique qu'il faudrait appliquer à l'actionneur piézoélectrique pour obtenir la chute correcte de pression dans le rail et donc la quantité correcte de carburant éjectée du rail. Cette première fonction de

35 correction permet donc dans son utilisation intégrale, un correctif de la dérive de l'actionneur piézoélectrique par une action consistant à augmenter la durée de la charge électrique appliquée à l'actionneur piézoélectrique. Lorsque le jeu de l'actionneur

augmente du fait de la dépolarisation progressive de l'actionneur piézoélectrique, la première fonction de correction adresse à l'électronique de commande de l'injecteur une instruction visant à commander une ouverture plus longue de l'injecteur et à compenser en conséquence la dépolarisation qui se traduit par une ouverture de l'injecteur durant un  
5 temps plus court du fait du raccourcissement de l'actionneur.

Selon l'invention, cette première fonction de correction n'est donc par exemple utilisée que dans sa partie de détermination de la quantité réelle test de carburant qui sort du rail au titre de la commande d'actionnement test de l'injecteur afin gérer l'application de la charge de polarisation, par exemple afin de maintenir, supprimer, ou moduler  
10 avantageusement l'application de la charge de polarisation, et dans le cas du maintien ou de la modulation de celle-ci, de la décharge de polarisation.

La modulation d'application de la charge / décharge de polarisation selon l'invention peut être avantageusement réalisée selon plusieurs méthodes, par exemple comme suit :

- 15 • Augmenter / diminuer l'intervalle d'application des charges de polarisation au cours des cycles moteurs. Par exemple, ne pas appliquer la charge de polarisation à tous les cycles moteurs de manière continue, en appliquant par exemple la charge de polarisation un cycle moteur sur deux, la fréquence d'application de la charge de polarisation étant définie selon les besoins de  
20 réajustement de la polarisation de l'actionneur piézoélectrique ;
- Augmenter / diminuer le niveau de tension  $U_p$  atteint en augmentant/diminuant le temps de la charge de polarisation, soit le temps correspondant à la longueur de la base du triangle  $Q_p$  sur la figure 4b, qui est compté à partir de l'instant  $t_5$  ; par exemple d'un cycle moteur à un autre,
- 25 • Augmenter / diminuer la durée de maintien de la charge de polarisation, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre la fin de la charge de polarisation et le début de la décharge de polarisation, en fonction des possibilités, d'un cycle moteur à un autre.

Selon l'invention en effet, cette première fonction de correction pourrait perdre  
30 son utilité originale, puisque la présente invention permet d'empêcher une dépolarisation de l'actionneur et donc d'empêcher une dérive de l'injecteur. Cependant, il peut être utile d'avoir dans l'unité de contrôle moteur cette première fonction de correction afin d'améliorer le respect des quantités de carburant injectées, lorsqu'on souhaite appliquer le procédé de pilotage des injecteurs selon l'invention en acceptant une légère dérive des  
35 injecteurs. Le test de la quantité réelle de carburant injectée et l'application éventuelle de cette première fonction de correction peuvent être appliqués à tous les injecteurs du moteur.

En regard de la figure 2, l'étape 300 suivante consistant à comparer  $T_{cha_{MES}}$  mesuré pour la valeur de  $grad_{MES}$ , et  $T_{cha_{ECU}}$  correspondant à  $grad_{ECU}$  tel qu'enregistré dans l'unité de contrôle moteur et correspondant à l'injecteur initial sortie usine, se décompose de préférence comme suit :

- 5
- Etape 400 : Le temps  $T_{cha_{MES}}$  mesuré est supérieur au temps  $T_{cha_{ECU}}$  enregistré dans l'unité de contrôle moteur, ou
  - Etape 500 : Le temps  $T_{cha_{MES}}$  mesuré est inférieur ou égal au temps  $T_{cha_{ECU}}$  enregistré dans l'unité de contrôle moteur.

10 Dans le premier cas (étape 400 sur la figure 2), cela signifie que le jeu de l'actionneur a augmenté par rapport au jeu correspondant nominal du constructeur, et que donc l'actionneur piézoélectrique est en train de se dépolari-

15 Dans le deuxième cas (étape 500 sur la figure 2), cela signifie que le jeu de l'actionneur a diminué et que donc l'actionneur piézoélectrique est en train de se polariser au-delà de la valeur de polarisation établie par le constructeur, sous l'effet de l'application d'une charge de polarisation  $Q_p$  par défaut (étape 100 de la figure 2). Par conséquent, dans ce cas, l'application de la charge de polarisation  $Q_p$  telle que définie plus haut devrait être désactivée ou maintenue inactive ou modulée (étape 600 sur la figure 2) au moins jusqu'au retour à la dimension nominale du jeu de l'actionneur évaluée par un temps de charge  $T_{cha_{MES}}$  égal ou sensiblement égal à  $T_{cha_{ECU}}$ . Une fois la charge de polarisation  $Q_p$  rendue inactive ou maintenue inactivée, le procédé selon l'invention renvoie à l'étape 201 pour recommencer les étapes déjà décrites ; tant que la valeur  $T_{cha_{MES}}$  reste inférieure ou égale à la valeur correspondante  $T_{cha_{ECU}}$ , le procédé consiste à boucler des tests de vérification de la variation de pression de carburant dans le rail commun, selon les étapes 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, et 300.

25 La régulation de la charge de polarisation à partir de la mesure de la variation de pression dans le rail commun de carburant, telle que décrite plus haut, est préférée, car elle traduit directement le jeu de l'actionneur piézoélectrique qui est le paramètre sensible à la dérive (dépolari-

30 mécaniques en liaison avec ce jeu.

35 Comme représenté sur la figure 3, le premier paramètre moteur estimé  $P_{j_{EST}}$  conformément à l'étape 200, représentatif d'un jeu réel  $J_{REEL}$  entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne, peut de manière alternative ou supplémentaire à l'exemple ci-dessus, être une quantité test de carburant injectée par l'injecteur dans la chambre de combustion, de préférence autour du point mort haut de compression, pendant la phase de détente de combustion. Les étapes d'estimation 200 et de comparaison 300 du premier paramètre moteur  $P_{j_{EST}}$  comprennent alors les étapes

suivantes conformément à la figure 3 :

- 5 • Etape 210 : Commander l'injection d'une quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  par l'unité de contrôle moteur, dans la chambre de combustion, en vue de contrôler la quantité test réelle de carburant injectée en réponse à cette commande,
- Etape 211 : Mesurer un deuxième paramètre moteur, représentatif de la quantité test réelle injectée de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  en réponse à la commande d'injection de la quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$ , comme cela sera expliqué plus loin,
- 10 • Etape 212 : Déterminer à partir du deuxième paramètre moteur mesuré, la quantité test réelle injectée de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  en réponse à la commande d'injection de la quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$ ,
- Etape 300 : Comparer la quantité test injectée réelle de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  à la quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  par l'unité de contrôle  
15 moteur, comme suit :
  - Etape 400 : Si la quantité test injectée réelle de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  est inférieure à la quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  par l'unité de contrôle moteur, de préférence multipliée par un facteur correctif  $\alpha$ , alors comme représenté sur les figures 4a et 4b :
    - 20 • appliquer une première charge  $Q_c$  nominale électrique à l'actionneur piézoélectrique, nécessaire à l'ouverture de l'injecteur, dite charge nominale de commande  $Q_c$ , en fonction du couple demandé et du régime moteur, en sorte d'ouvrir le moyen de vanne de l'injecteur pour une injection du carburant dans la chambre de combustion  
25 répondant au couple demandé,
    - appliquer à l'actionneur piézoélectrique sur la charge nominale de commande  $Q_c$ , après l'application de la charge  $Q_c$  et avant l'étape consistant à commander une fermeture de l'injecteur, au moins une deuxième charge  $Q_p$  électrique, dite charge de polarisation  $Q_p$ ,  
30 additionnelle à la charge nominale de commande  $Q_c$ , en sorte de polariser l'actionneur piézoélectrique durant une phase d'ouverture de l'injecteur et pendant l'injection du carburant dans la chambre de combustion, répondant au couple demandé,
    - commander la fermeture de l'injecteur afin de stopper l'injection de  
35 carburant, par l'application d'au moins une décharge  $Q_d$  électrique à l'actionneur piézoélectrique en sorte de fermer le moyen de vanne,
  - Etape 500 : Si la quantité test injectée réelle de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  est

supérieure ou égale à la quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  par l'unité de contrôle moteur, ne pas appliquer à l'actionneur piézoélectrique de l'injecteur la deuxième charge  $Q_p$  électrique, dite charge de polarisation  $Q_p$ , conformément à l'étape 600 de la figure 3.

5 En regard de l'exemple de la figure 3, l'étape de commande 210 de l'injection d'une quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  par l'unité de contrôle moteur, dans la chambre de combustion, en vue de contrôler la quantité test réelle de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  injectée en réponse à cette commande, va maintenant être décrite. Cette  
10 étape 210 consiste à injecter une quantité test de carburant donnée et déterminée par l'unité de contrôle moteur, au moment où cela gêne le moins le fonctionnement du véhicule, par exemple en phase de décélération ou en phase de ralenti. L'unité de contrôle moteur commande l'injection de cette quantité test donnée de carburant  $MF_{TESTECU}$  en envoyant une charge électrique test à l'injecteur testé, correspondant à un  
15 l'injection est réalisée. Ces données propres à un injecteur et un moteur déterminés sont cartographiées et enregistrées dans l'unité de contrôle moteur.

Le deuxième paramètre moteur, mesuré dans l'étape 211 de cet exemple, représentatif de la quantité test réelle injectée de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  en réponse à la commande d'injection de la quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$ , est la  
20 variation  $\Delta n$  du régime moteur.

En regard de la figure 3, l'étape suivante 212 consiste à déterminer à partir du deuxième paramètre moteur  $\Delta n$  représentatif mesuré à l'étape 211, la quantité test réelle injectée de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  en réponse à la commande d'injection de la quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$ .

25 L'étape 212 de détermination de la quantité test réelle injectée de carburant  $MF_{TESTREELLE}$ , en utilisant le deuxième paramètre moteur représentatif dans cet exemple, correspondant à la variation  $\Delta n$  de régime moteur va maintenant être décrite : le régime moteur est mesuré de manière connue en mesurant le temps s'écoulant entre deux positions déterminées du vilebrequin. A partir de ce temps, on déduit la vitesse grâce à la  
30 distance connue existant entre lesdites deux positions données, puis l'accélération ou variation de vitesse du vilebrequin par dérivation de la vitesse permettant d'obtenir le cas échéant le couple moteur. Une table de correspondance entre les accélérations/couples du vilebrequin et les quantités tests correspondantes de carburant injectées est établie  
35 effectuée. Pour obtenir la variation de couple moteur ou l'accélération issue de l'injection de la quantité réelle de carburant  $MF_{TESTREELLE}$ , on mesure le temps séparant deux positions déterminées du vilebrequin respectivement avant et après la quantité test réelle

de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  injectée en réponse à la commande prédéterminée par l'unité de contrôle moteur. La mesure de la vitesse et de l'accélération du moteur est obtenue au moyen du capteur de position du vilebrequin, d'un chronomètre, et d'un calculateur déjà présents dans l'unité de contrôle moteur, et est connue de l'homme du métier.

5                    Cette méthode de détermination d'une quantité de carburant injectée, à partir d'une variation de régime moteur induite sur le vilebrequin est connue de l'homme du métier et ne sera donc pas décrite plus en détail ici. Une solution d'adaptation du présent mode de réalisation de la présente invention sur des véhicules existants peut consister à utiliser une deuxième fonction de correction de la dérive d'un injecteur piézoélectrique, 10 lorsque cette fonction est déjà présente dans l'unité de contrôle moteur ; c'est le cas pour certains véhicules. Cette deuxième fonction de correction consiste à injecter par exemple en phase de décélération du moteur (pas de charge), une petite quantité déterminée de carburant ou injection test, et à surveiller les effets de cette injection au moyen du capteur de position du vilebrequin à partir duquel l'augmentation induite de couple par l'injection 15 test est déterminée. L'intégration de la déformation obtenue de la courbe de régime moteur, par l'injection test, permet de connaître la quantité test de carburant réellement injectée, la deuxième fonction de correction consistant ensuite à comparer cette quantité test réellement injectée avec celle de consigne qui a été commandée par l'unité de contrôle moteur. L'apprentissage réalisée par cette deuxième fonction de correction 20 consiste à définir la nouvelle courbe de fonctionnement de l'injecteur qui correspond à des quantités tests réelles de carburant injectées en fonction de temps d'impulsion électrique appliqués à l'injecteur. Cette nouvelle courbe montre les écarts de quantités injectées de carburant pour un temps donné d'impulsion électrique, avec la courbe correspondante usine, ou inversement les écarts de temps d'impulsion nécessaire à l'injecteur pour 25 injecter une quantité donnée de carburant. En outre, cette deuxième fonction de correction ne prend pas en compte uniquement la dérive des injecteurs ou dérive des actionneurs piézoélectriques, puisqu'elle utilise le couple ou l'accélération du moteur. Il est donc nécessaire de lui faire déterminer par apprentissage une courbe des quantités réelles de carburant délivrées par l'injecteur en fonction des temps d'impulsion électrique 30 appliqués ; dans le cadre d'application de cette deuxième fonction de correction, s'il est constaté que la quantité test de carburant injectée est plus faible que la quantité test de carburant de consigne prise sur la courbe nominale de référence d'apprentissage de la deuxième fonction de correction, cette deuxième fonction adaptative consiste à corriger la dérive de l'injecteur par accroissement du temps d'ouverture de l'injecteur pour réajuster 35 la quantité injectée de carburant par rapport à la courbe nominale de référence d'apprentissage de la deuxième fonction de correction. Comme pour la première fonction de correction décrite plus haut, selon l'invention, cette deuxième fonction de correction

pourrait n'être utilisée que dans sa partie de détermination de la quantité réelle de carburant injectée à titre de test, afin par exemple de désactiver ou pas la charge de polarisation de l'actionneur. Cependant, selon l'invention, et comme pour la première fonction de correction, il peut être utile d'avoir dans l'unité de contrôle moteur la deuxième

5 fonction de correction afin d'améliorer le respect des quantités de carburant injectée, lorsqu'on souhaite appliquer le procédé de pilotage des injecteurs selon l'invention en acceptant une légère dérive des injecteurs. Bien entendu, le test de la quantité réelle de carburant injecté et l'application éventuelle de la deuxième fonction de correction peuvent être appliqués à tous les injecteurs du moteur.

10 En regard de la figure 3, l'étape 300 suivante consiste à comparer la quantité test injectée réelle de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  à la quantité de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  par l'unité de contrôle moteur. Deux cas sont distingués, comme représenté sur cette figure 3 :

- Etape 400 : La quantité test injectée réelle de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  est inférieure à la quantité de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  par l'unité de
- 15 contrôle moteur, multipliée par un facteur correctif  $\alpha$ , ou
- Etape 500 : La quantité injectée réelle de carburant  $MF_{TESTREELLE}$  est supérieure ou égale à la quantité de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  par l'unité de contrôle moteur.

20 Dans le premier cas (cadre 400 sur la figure 3), cela signifie que le jeu de l'actionneur a augmenté par rapport au jeu nominal du constructeur, et que donc l'actionneur piézoélectrique est en train de se dépolariser. Un facteur correctif  $\alpha$ , par exemple compris entre 0.9 et 0.8 est de préférence appliqué afin de n'appliquer la charge de polarisation qu'en cas de défaut attribuable à la dépolarisation. Ce facteur correctif  $\alpha$

25 est déterminé en fonction de chaque injecteur et d'après les données du constructeur.

Dans le deuxième cas (cadre 500 sur la figure 3), cela signifie que le jeu de l'actionneur a diminué et que donc l'actionneur piézoélectrique est en train de se polariser au-delà de la valeur de polarisation établie par le constructeur, sous l'effet de l'application d'une charge de polarisation  $Q_p$  par défaut (étape 100 de la figure 2). Par conséquent,

30 dans ce cas l'application de la charge de polarisation  $Q_p$  telle que définie plus haut doit être désactivée ou maintenue inactive (étape 600 sur la figure 3) au moins jusqu'au retour à la dimension nominale du jeu évaluée par une quantité test de carburant injectée réelle  $MF_{TESTREELLE}$  correspondant sensiblement ou exactement à la quantité test de carburant prédéterminée  $MF_{TESTECU}$  commandée par l'unité de contrôle moteur selon l'étape 210 de

35 la figure 3. Une fois la charge de polarisation  $Q_p$  rendue inactive, le procédé selon l'invention renvoie à l'étape 210 pour recommencer les étapes déjà décrites ; tant que la valeur  $MF_{TESTREELLE}$  reste supérieure ou égale à la valeur  $MF_{TESTECU}$  correspondante, le

procédé consiste à boucler des tests de vérification de la quantité test de carburant injectée, selon les étapes 210, 211, 212, et 300.

Le procédé de pilotage d'un injecteur de carburant décrit, selon l'invention, peut être implémenté dans l'unité de contrôle moteur et couplé le cas échéant avec l'une  
5 ou l'autre des deux fonctions de correction de la dérive des injecteurs décrites plus haut. Le procédé de pilotage d'un injecteur de carburant décrit, selon l'invention peut être avantageusement couplé aux deux fonctions lorsqu'elles existent. En effet, la première fonction de correction compense la partie haute d'un injecteur, soit essentiellement le jeu induit par l'actionneur piézoélectrique et la question de sa dépolarisation. La deuxième  
10 fonction quant à elle compense l'ensemble des jeux d'un injecteur, soit les parties haute et basse de celui-ci. En couplant le procédé décrit sur la deuxième fonction, alternativement ou supplémentaement à la première fonction, l'application de la charge de polarisation selon l'invention prend en compte l'ensemble des jeux de l'injecteur, et apporte une correction de l'ensemble de ces jeux par la polarisation de l'actionneur, dans  
15 une certaine limite comme expliqué plus haut, consistant à conserver un jeu minimal d'actionneur. En l'absence de la première fonction de correction, on comprend ainsi que l'application de la charge de polarisation selon l'invention est moins dirigée sur la dépolarisation même de l'actionneur.

Ce procédé de pilotage d'un injecteur de carburant décrit, selon l'invention  
20 permet ainsi une régulation du jeu de l'actionneur autour de la valeur de jeu nominale donnée par le constructeur du système d'injection, durant le fonctionnement du moteur, et permet ainsi d'éviter ou de maîtriser la dérive de ce jeu, et donc la dérive des quantités de carburant injectées.

Le procédé de pilotage d'un injecteur de carburant décrit, selon l'invention,  
25 peut avantageusement être appliqué en continu dès la mise en fonctionnement du véhicule, afin de surveiller l'évolution du jeu de l'actionneur comme décrit, et de déterminer si des stratégies spécifiques du procédé de pilotage de l'actionneur piézoélectrique tel que décrit plus haut, par modulation de la charge de polarisation également comme décrit plus haut, pourraient être appliquées et implémentées en  
30 fonction de l'utilisation du véhicule. Par exemple, le procédé de pilotage de l'actionneur piézoélectrique peut proposer une application de la charge de polarisation maximale, selon des temps d'application de la charge de polarisation optimisés en fonction du temps disponible, s'il est constaté que l'application continue d'une tension de polarisation  $U_p$  déterminée ne suffit pas à enrayer la dépolarisation des injecteurs. Au contraire, si  
35 l'application continue d'une tension de polarisation donnée aboutit à une diminution du jeu de l'actionneur, la tension de polarisation  $U_p$  peut être réduite ou appliquée de manière non continue, comme expliqué plus haut.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de pilotage d'un injecteur de carburant d'un moteur à combustion interne d'un véhicule, ledit injecteur comportant un actionneur piézoélectrique agissant sur un moyen de vanne pour ouvrir ou fermer ledit injecteur, respectivement autorisant ou
- 5 stoppant l'injection de carburant dans une chambre de combustion du moteur, ledit véhicule comportant une unité de contrôle moteur embarquée pour la mise en œuvre dudit procédé de pilotage, ledit moyen de vanne comprenant un champignon de fermeture actionné directement par l'actionneur piézoélectrique et une aiguille associée actionnée par son contact avec la haute pression dans le rail, ledit champignon de fermeture
- 10 permettant lors de son ouverture de mettre en connexion la haute pression qui provient d'un rail d'injection et la basse pression du circuit de retour au réservoir du carburant, ledit procédé de pilotage étant **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes, en fonctionnement normal du véhicule :
- (200) : Estimer un premier paramètre moteur ( $P_{jEST}$ ), représentatif d'un jeu réel

15 ( $J_{REEL}$ ) entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne,

  - (300) : Comparer ledit premier paramètre moteur estimé ( $P_{jEST}$ ), au paramètre équivalent ( $P_{jECU}$ ), représentatif du jeu original ( $J_{INIT}$ ) entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne et préalablement enregistré dans l'unité de contrôle moteur :

20 – (400) : Si ledit premier paramètre moteur estimé ( $P_{jEST}$ ) s'écarte dudit paramètre équivalent ( $P_{jECU}$ ) représentatif dudit jeu original ( $J_{INIT}$ ), de telle sorte que ledit jeu réel ( $J_{REEL}$ ) est supérieur au dit jeu original ( $J_{INIT}$ ) :
    - Appliquer une première charge ( $Q_c$ ) nominale électrique à

25 l'actionneur piézoélectrique, nécessaire à l'ouverture de l'injecteur, dite charge nominale de commande ( $Q_c$ ), en fonction du couple demandé et du régime moteur, en sorte d'ouvrir le moyen de vanne de l'injecteur pour une injection du carburant dans la chambre de combustion,    - Appliquer à l'actionneur piézoélectrique sur ladite charge nominale de

30 commande ( $Q_c$ ), après l'application de celle-ci et avant l'étape consistant à commander une fermeture de l'injecteur, au moins une deuxième charge électrique, ou charge de polarisation ( $Q_p$ ), additionnelle à la charge nominale de commande ( $Q_c$ ), en sorte de polariser l'actionneur piézoélectrique durant une phase d'ouverture

de l'injecteur et pendant l'injection du carburant dans la chambre de combustion,

- Commander la fermeture de l'injecteur afin de stopper l'injection de carburant, par l'application d'au moins une décharge ( $Q_d$ ) électrique à l'actionneur piézoélectrique en sorte de fermer le moyen de vanne,
- 5
- (500) : Si ledit premier paramètre moteur estimé ( $P_{jEST}$ ) s'écarte dudit paramètre équivalent ( $P_{jECU}$ ) représentatif dudit jeu original ( $J_{INIT}$ ), de telle sorte que ledit jeu réel ( $J_{REEL}$ ) est inférieur ou égal au dit jeu original ( $J_{INIT}$ ), ne pas appliquer (600) à l'actionneur piézoélectrique dudit injecteur ladite
- 10
- deuxième charge ( $Q_p$ ) électrique, dite charge de polarisation.

2. Procédé de pilotage selon la revendication 1, dans lequel ledit premier paramètre moteur estimé ( $P_{jEST}$ ) représentatif d'un jeu réel ( $J_{REEL}$ ) entre l'actionneur piézoélectrique et le moyen de vanne, est une durée mesurée ( $T_{chaMES}$ ) de temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique faible

15

correspondant à une variation test ( $\Delta p_{railTEST}$ ) déterminée de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection dudit moteur, pour une durée d'activation électrique ( $T_{iREF}$ ) de l'injecteur prédéterminée de référence.

3. Procédé de pilotage selon la revendication 2, dans lequel l'étape (200) consistant à mesurer la durée ( $T_{chaMES}$ ) du temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique faible correspondant à une variation test

20

( $\Delta p_{railTEST}$ ) déterminée de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection dudit moteur pour une durée d'activation électrique ( $T_{iREF}$ ) de l'injecteur prédéterminée de référence, comprend les étapes suivantes :

- Choisir une variation test de la pression ( $\Delta p_{railTEST}$ ) du carburant contenu dans un rail commun d'injection du moteur, correspondant à une durée ( $T_{chaECU}$ ) déterminée d'un temps d'application d'un courant électrique déterminé aux bornes de l'actionneur piézoélectrique donnant une charge électrique test faible aux bornes de l'actionneur, définissant la durée d'activation électrique ( $T_{iREF}$ ) de l'injecteur prédéterminée de référence, de telle sorte qu'une fuite de carburant
- 25
- 30
- s'établisse à partir du rail commun à travers l'injecteur vers le retour réservoir sans que l'aiguille de l'injecteur ne s'ouvre,
- (201, 202) : Appliquer aux bornes de l'actionneur piézoélectrique une charge électrique faible, de telle sorte qu'une fuite de carburant s'établisse à partir du rail commun à travers l'injecteur vers le retour réservoir sans que l'aiguille de
- 35
- l'injecteur ne s'ouvre,

- (203, 204, 205) : maintenir cette charge pendant ladite durée d'activation électrique ( $T_{iREF}$ ) afin d'obtenir une mesure de la variation de pression ( $\Delta p_{railMES}$ ) dans le rail commun d'injection,
  - 5 • Comparer ladite mesure de la variation de pression ( $\Delta p_{railMES}$ ) obtenue avec ladite variation test ( $\Delta p_{railTEST}$ ) choisie de la pression du carburant contenu dans un rail commun d'injection,
  - 10 • (206, 207) : Itérer les trois étapes précédentes en modifiant la durée du temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique jusqu'à ce que ladite variation de pression mesurée ( $\Delta p_{railMES}$ ) soit égale à ladite variation test de pression ( $\Delta p_{railTEST}$ ), et mesurer la durée ( $T_{chaMES}$ ) du temps d'application à l'actionneur piézoélectrique d'une impulsion électrique, pour laquelle la variation de pression mesurée ( $\Delta p_{railMES}$ ) est égale à la variation test de pression ( $\Delta p_{railTEST}$ ).
4. Procédé de pilotage d'un injecteur de carburant selon la revendication 1, dans  
15 lequel ledit premier paramètre moteur estimé ( $P_{jEST}$ ) est une quantité test ( $MF_{TESTREELLE}$ ) de carburant réellement injectée par l'injecteur dans la chambre de combustion, en réponse à une commande d'injection d'une quantité test ( $MF_{TESTECU}$ ) de carburant prédéterminée par l'unité de contrôle moteur, dans ladite chambre de combustion.
5. Procédé de pilotage d'un injecteur de carburant selon la revendication 4, dans  
20 lequel l'étape (200) consistant à estimer ladite quantité test ( $MF_{TESTREELLE}$ ) de carburant réellement injectée par l'injecteur dans la chambre de combustion, comprend les étapes suivantes :
- 25 • (210) : Commander l'injection de ladite quantité test de carburant prédéterminée ( $MF_{TESTECU}$ ) par l'unité de contrôle moteur, dans ladite chambre de combustion, en vue de contrôler la quantité test réelle de carburant injectée en réponse à ladite commande,
  - (211) : Mesurer un deuxième paramètre moteur ( $\Delta n$ ), représentatif de la quantité test réelle injectée de carburant ( $MF_{TESTREELLE}$ ) en réponse à ladite commande d'injection de ladite quantité test de carburant prédéterminée ( $MF_{TESTECU}$ ),
  - 30 • (212) : Déterminer à partir dudit deuxième paramètre ( $\Delta n$ ) mesuré, ladite quantité test réelle injectée de carburant ( $MF_{TESTREELLE}$ ) en réponse à ladite commande d'injection de ladite quantité test de carburant prédéterminée ( $MF_{TESTECU}$ ).
6. Procédé de pilotage selon la revendication 5, dans lequel ladite étape consistant à mesurer un deuxième paramètre moteur, représentatif de la quantité test

- réelle injectée de carburant ( $MF_{\text{TESTREELLE}}$ ) en réponse à ladite commande d'injection d'une quantité test de carburant prédéterminée ( $MF_{\text{TESTECU}}$ ) par l'unité de contrôle moteur, consiste en la mesure (211) du régime moteur avant et après l'injection de la quantité test réelle de carburant ( $MF_{\text{TESTREELLE}}$ ) injectée en réponse à ladite commande d'injection
- 5 d'une quantité test de carburant prédéterminée par l'unité de contrôle moteur, pour obtenir la variation ( $\Delta n$ ) de régime moteur ou de couple moteur issue de l'injection de la quantité réelle de carburant ( $MF_{\text{TESTREELLE}}$ ).
7. Procédé de pilotage selon la revendication 6, dans lequel ladite variation ( $\Delta n$ ) du régime moteur est mesurée au moyen d'un capteur de position du vilebrequin.
- 10 8. Procédé de pilotage selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel ladite quantité test de carburant prédéterminée ( $MF_{\text{TESTECU}}$ ) par l'unité de contrôle moteur, dont l'injection est commandée dans ladite chambre de combustion en vue de contrôler la quantité test réelle de carburant injectée ( $MF_{\text{TESTREELLE}}$ ), est définie à partir d'une table de correspondance entre des temps de maintien de charges électriques
- 15 appliquées à l'injecteur et des quantités correspondantes de carburant injectées, en fonction d'une plage de pression carburant dans un rail commun d'injection.
9. Procédé de pilotage selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, dans lequel l'étape consistant à comparer (300) la quantité test réelle injectée de carburant ( $MF_{\text{TESTREELLE}}$ ) à la quantité test de carburant prédéterminée ( $MF_{\text{TESTECU}}$ ) par l'unité de
- 20 contrôle moteur comprend l'application d'un facteur correctif ( $\alpha$ ).

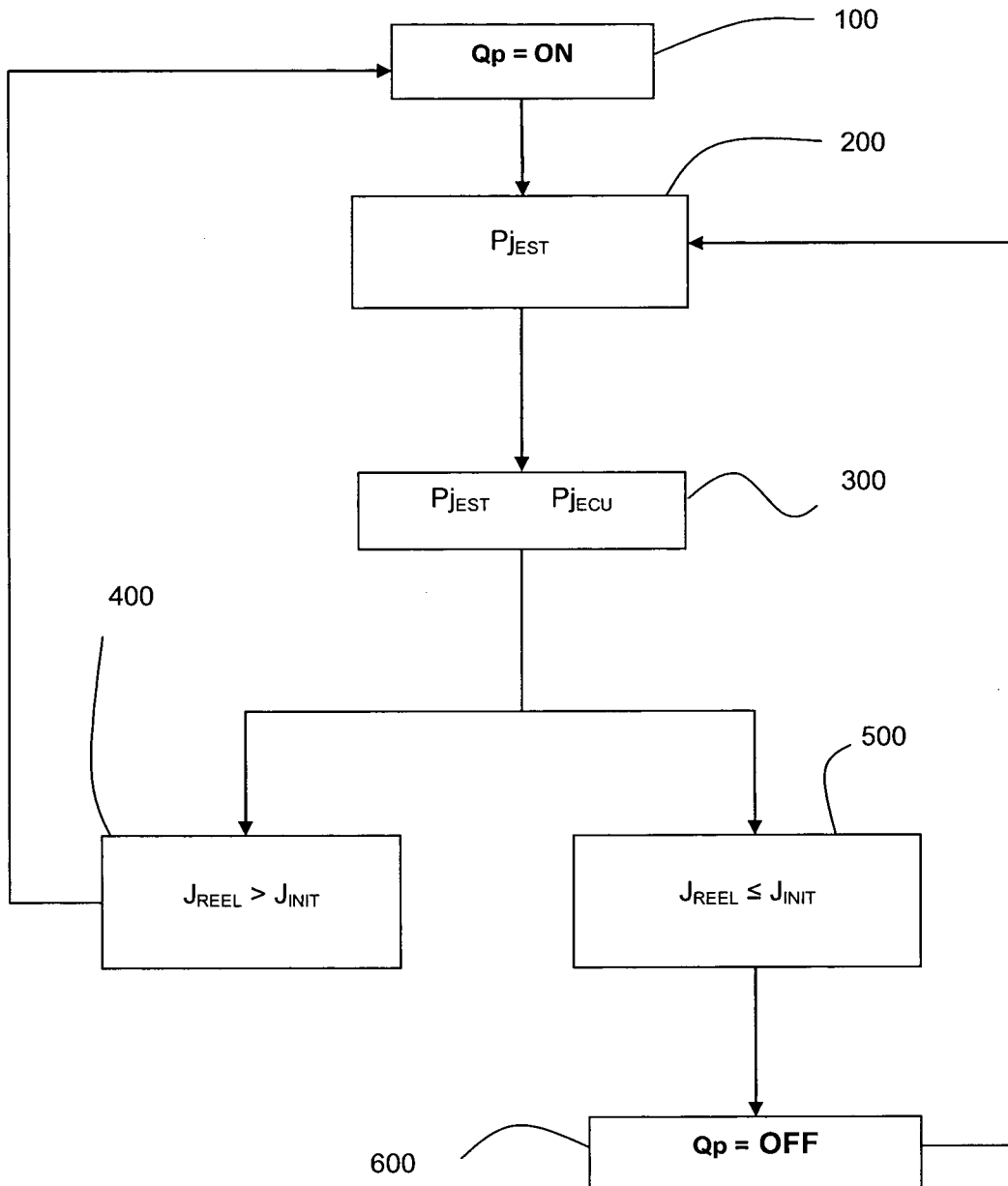


Figure 1

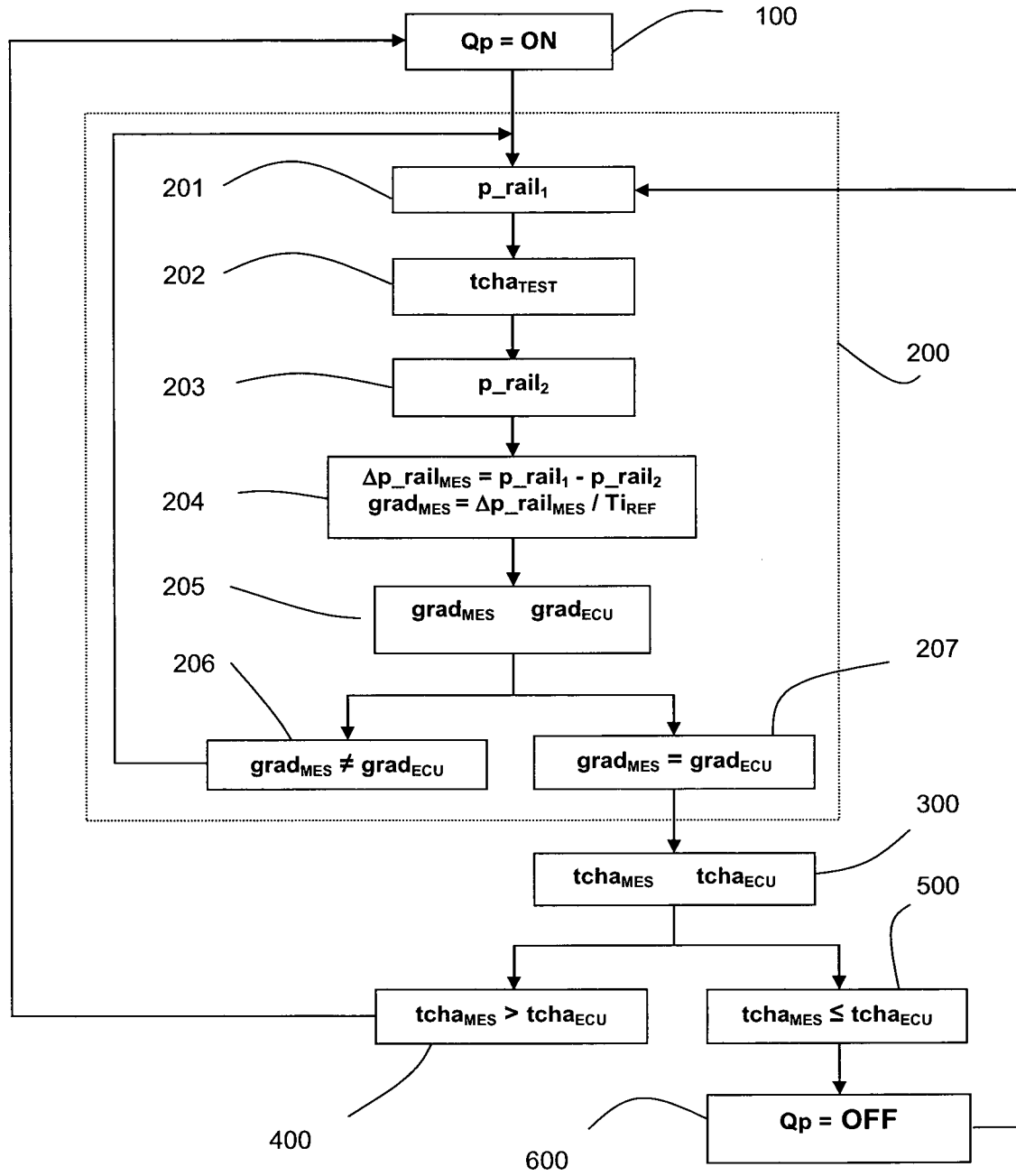


Figure 2

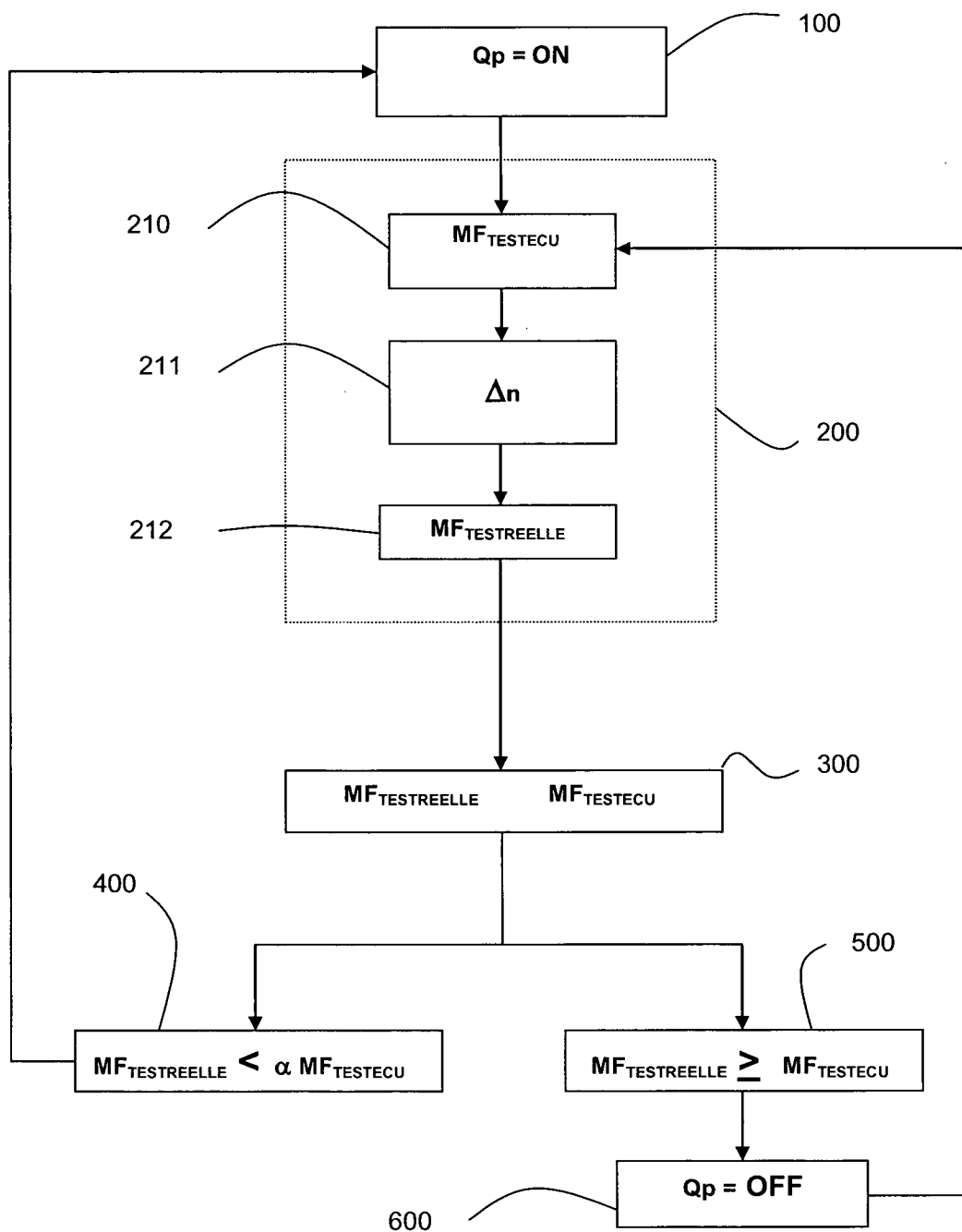


Figure 3

Fig 4a

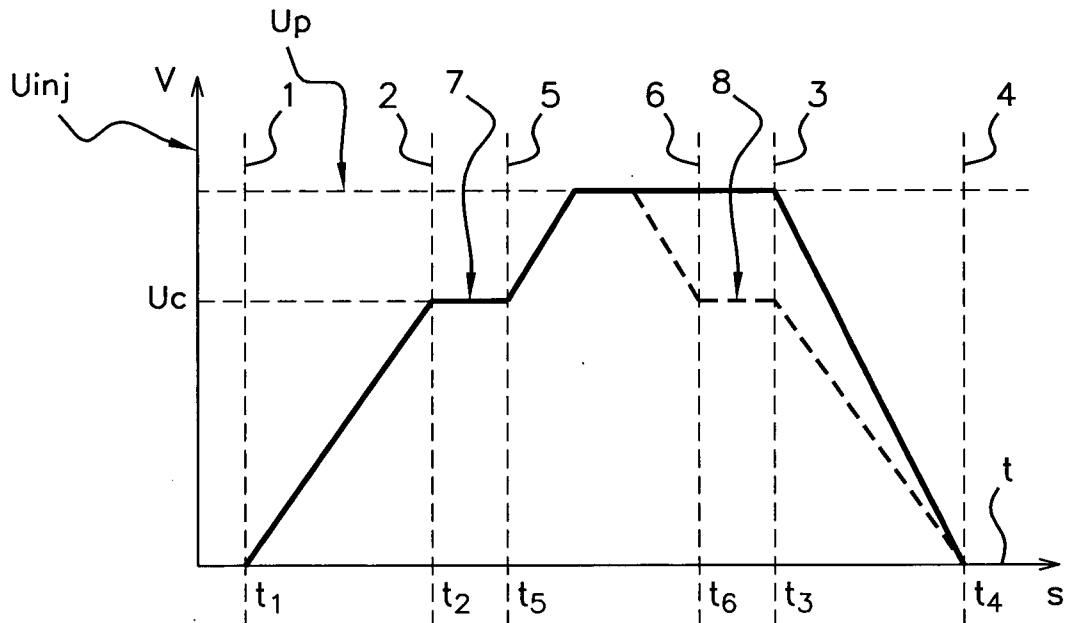
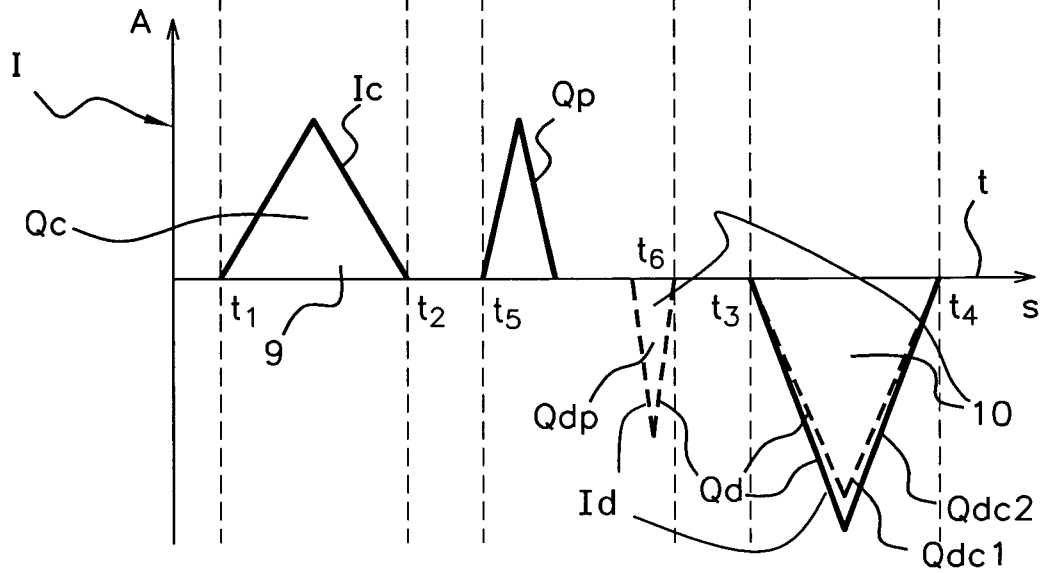


Fig 4b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/000488

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F02D41/20 F02D41/24  
ADD.  
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)  
F02D

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 practicable, 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.
X	DE 10 2010 021448 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 1 December 2011 (2011-12-01) paragraphs [0001], [0004], [0005], [0009] - [0014], [0016], [0034] figure 1	1-9
A	DE 10 2004 018211 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10 November 2005 (2005-11-10) paragraphs [0002], [0003], [0005], [0006], [0010]	1-9
A	FR 2 919 972 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 February 2009 (2009-02-13) page 3, lines 30-34 page 6, lines 22-25 figure 2	1-9
	----- -/--	

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 application or patent 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  4 April 2014	Date of mailing of the international search report  11/04/2014
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  Ducloyer, Stéphane

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/000488

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 103 31 057 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3 February 2005 (2005-02-03) paragraphs [0001], [0002], [0013], [0034] - [0035] -----	1-9
A	DE 103 40 975 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31 March 2005 (2005-03-31) paragraphs [0001], [0003], [0005], [0010]; figures 3,4 -----	1
A	EP 1 179 129 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 February 2002 (2002-02-13) abstract; figures 1-2 -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2014/000488
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102010021448 A1	01-12-2011	NONE	
DE 102004018211 A1	10-11-2005	NONE	
FR 2919972 A1	13-02-2009	DE 102007037554 A1	12-02-2009
		FR 2919972 A1	13-02-2009
		GB 2451754 A	11-02-2009
DE 10331057 A1	03-02-2005	NONE	
DE 10340975 A1	31-03-2005	NONE	
EP 1179129 A1	13-02-2002	CN 1349590 A	15-05-2002
		DE 19921456 A1	16-11-2000
		EP 1179129 A1	13-02-2002
		JP 2002544424 A	24-12-2002
		WO 0068558 A1	16-11-2000

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/000488

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F02D41/20 F02D41/24 ADD.				
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) F02D				
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		
X	DE 10 2010 021448 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 1 décembre 2011 (2011-12-01) alinéas [0001], [0004], [0005], [0009] - [0014], [0016], [0034] figure 1	1-9		
A	DE 10 2004 018211 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10 novembre 2005 (2005-11-10) alinéas [0002], [0003], [0005], [0006], [0010]	1-9		
A	FR 2 919 972 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 février 2009 (2009-02-13) page 3, ligne 30-34 page 6, ligne 22-25 figure 2	1-9		
	----- -/--			
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width: 50%;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> 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  4 avril 2014	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  11/04/2014			
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  Ducloyer, Stéphane			

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DE 103 31 057 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3 février 2005 (2005-02-03) alinéas [0001], [0002], [0013], [0034] - [0035] -----	1-9
A	DE 103 40 975 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31 mars 2005 (2005-03-31) alinéas [0001], [0003], [0005], [0010]; figures 3,4 -----	1
A	EP 1 179 129 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 février 2002 (2002-02-13) abrégé; figures 1-2 -----	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/000488

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102010021448 A1	01-12-2011	AUCUN	
DE 102004018211 A1	10-11-2005	AUCUN	
FR 2919972 A1	13-02-2009	DE 102007037554 A1 FR 2919972 A1 GB 2451754 A	12-02-2009 13-02-2009 11-02-2009
DE 10331057 A1	03-02-2005	AUCUN	
DE 10340975 A1	31-03-2005	AUCUN	
EP 1179129 A1	13-02-2002	CN 1349590 A DE 19921456 A1 EP 1179129 A1 JP 2002544424 A WO 0068558 A1	15-05-2002 16-11-2000 13-02-2002 24-12-2002 16-11-2000