



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **94400256.7**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **F02D 41/36**

(22) Date de dépôt : **07.02.94**

(30) Priorité : **10.02.93 FR 9301464**

(43) Date de publication de la demande :  
**07.09.94 Bulletin 94/36**

(84) Etats contractants désignés :  
**DE ES FR GB IT**

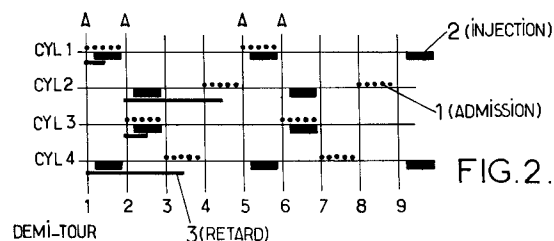
(71) Demandeur : **SOLEX**  
**19, rue Lavoisier**  
**F-92000 Nanterre (FR)**

(72) Inventeur : **Mazet, Henri**  
**140, route de Carrières**  
**F-78400 Chatou (FR)**

(74) Mandataire : **Bérogin, Francis et al**  
**Cabinet Plasseraud**  
**84, rue d'Amsterdam**  
**F-75440 Paris Cedex 09 (FR)**

(54) **Procédé de commande d'injection pour moteur à injection multipoints à allumage commande.**

(57) L'invention concerne un procédé de commande des injecteurs d'un moteur à allumage commandé et injection multipoints, à quatre cylindres et à quatre temps, selon lequel on groupe les injecteurs par paires, on commande l'ouverture des injecteurs de chaque paire une seule fois par cycle moteur, et de sorte que le séquençement de la commande des deux paires soit insensible au phasage du moteur, et, en adoptant pour les injecteurs l'indexage des cylindres du moteur, on apparie les injecteurs 1 et 4 d'une part et les injecteurs 2 et 3 d'autre part, on initie l'injection de chacune des deux paires d'injecteurs 1-4 et 2-3 au cours de l'un respectivement de deux demi-tours moteur successifs, et on fait suivre ces deux commandes de deux demi-tours moteur successifs sans commande d'injecteurs, puis on reprend la séquence tant que le moteur est commandé en fonctionnement synchrone.



L'invention concerne un procédé de commande d'injection, pour un moteur à combustion interne à allumage commandé, équipé d'une installation d'alimentation en combustible par injection indirecte du type dit "multi-points", c'est-à-dire comprenant un injecteur par cylindre du moteur, et en particulier pour un moteur à quatre cylindres fonctionnant selon un cycle dit "à quatre temps".

Pour commander l'injection dans de tels moteurs, il est connu d'utiliser un procédé et un système "séquentiels", mettant en oeuvre non seulement un injecteur par cylindre mais également un étage de puissance par cylindre, qui détermine, de manière connue à partir de la mesure de différents paramètres de fonctionnement du moteur, la durée d'injection, permettant de calculer la quantité de combustible à injecter, ainsi que l'instant d'injection, ou phase d'injection par rapport au cycle moteur.

Le système comporte des moyens de détection du Point Mort Haut (PMH) ainsi que de la position angulaire du moteur au cours de chaque tour moteur. Ces moyens comprennent, de manière usuelle, une roue dentée solidaire en rotation du vilebrequin ou du volant d'inertie du moteur, et portant une cible comportant une singularité, par exemple définie par l'espace correspondant à deux dents consécutives manquantes, et un capteur solidaire du moteur et sensible au défilement des dents et de la cible pour délivrer des signaux témoignant du passage par le PMH des pistons de deux cylindres indexés, qui sont en général les cylindres 1 et 4 sur un moteur à quatre cylindres en ligne dont le cylindre d'index 1 est en général le plus proche du volant moteur, lorsque la cible passe en regard du capteur, et de la rotation du moteur d'un angle par exemple de 6° lorsque deux dents successives de la roue passent en regard du capteur.

Comme le vilebrequin effectue deux tours de rotation pour un cycle moteur complet, ces moyens de détection de la rotation du vilebrequin ne permettent pas de discriminer si, pour un cylindre donné, le passage par le PMH est celui qui commence un temps d'admission ou un temps de détente. C'est pourquoi les systèmes séquentiels comprennent également des moyens de détection de la phase moteur, comportant un capteur et une roue dentée avec cible analogues à ceux précités, mais dont la roue dentée est solidaire en rotation de l'arbre à cames, qui effectue un tour de rotation par cycle moteur.

Les systèmes d'injection séquentiels, qui ont un potentiel de performances important, car ils permettent d'individualiser cylindre par cylindre la quantité de combustible injectée ainsi que la phase d'injection par rapport au cycle moteur, ont pour inconvénient d'être coûteux, car ils nécessitent quatre étages de puissance, un capteur de rotation du vilebrequin ainsi qu'un capteur de phase moteur.

Pour commander l'injection dans de tels moteurs, il est également connu d'utiliser un procédé et un sys-

tème dits "Full group", qui n'offrent pas le potentiel de performances important des systèmes séquentiels, mais permettent un gain substantiel de coût du système. En effet, les systèmes d'injection "Full group" ne comportent qu'un seul étage de puissance électrique et ne comprennent pas de capteur de phase moteur. L'injection est commandée simultanément sur les quatre injecteurs, qui sont montés en parallèle sur une même sortie de l'unique étage de puissance.

Un inconvénient attaché à une seule injection simultanée par cycle moteur est qu'un cylindre est alimenté en phase de compression, en fonction de la valeur de paramètres de fonctionnement du moteur dont l'acquisition a été faite à la fin du demi-tour moteur précédent, pour une phase d'admission de ce cylindre qui n'interviendra qu'au quatrième demi-tour postérieur, alors que les besoins d'admission en combustible, en temps réel, recalculés et réactualisés à chaque demi-tour, auront pu fortement évoluer, lors de phases transitoires de fonctionnement du moteur.

Pour obtenir un fonctionnement relativement régulier avec un bon suivi de débit en transitoire, les systèmes "Full group" sont généralement pilotés de sorte que leurs injecteurs soient commandés à chaque tour du moteur, c'est-à-dire deux fois par cycle moteur, donc à une fréquence double de celle des systèmes séquentiels. Au cours du premier tour, on injecte la moitié de la quantité calculée, et au cours du second tour du cycle moteur, on injecte l'autre moitié, éventuellement réactualisée en fonction de la valeur, entre temps acquise, des paramètres considérés de fonctionnement du moteur.

Cette mesure n'est cependant pas satisfaisante : la dernière acquisition disponible des paramètres servant au calcul de l'instant et de la durée d'injection n'est pas prise en compte. Même si l'on procède à une extrapolation à partir des valeurs calculées pour les deux dernières mesures acquises des paramètres considérés, on ne peut obtenir une commande adaptée aux phases transitoires rapides de fonctionnement du moteur. De plus et surtout, ce mode de commande à fréquence double des systèmes "Full group" est critiqué vis-à-vis de la réponse dynamique en débit des injecteurs.

En effet, les injecteurs électromécaniques ont une dynamique de débit qui est limitée par le rapport entre le débit libre ou maximum, correspondant à une injection continue pendant toute la durée du cycle moteur, c'est-à-dire à un injecteur ouvert en permanence (lequel débit maximum est pris en compte pour dimensionner l'injecteur), et le débit minimum (correspondant à une réduction du temps d'ouverture, par exemple au ralenti du moteur), le débit correspondant au produit de la fréquence de commande par la quantité minimum injectable, laquelle est déterminée par le temps de commande en-dessous duquel la caractéristique de la loi de débit n'est plus linéaire (ordre de

grandeur de 1 ms, pour tenir compte de l'établissement du courant dans la bobine du solénoïde et de l'inertie des pièces mobiles de l'injecteur).

Les systèmes "Full group", bien plus économiques que les systèmes séquentiels, ont donc l'inconvénient de présenter une dynamique de débit bien moins bonne que celle des systèmes séquentiels.

Afin de retrouver une dynamique de débit égale à celle des systèmes séquentiels, ou s'en rapprochant, pour un coût système intermédiaire entre ceux des systèmes séquentiels et des systèmes "Full group", il a déjà été proposé un procédé de commande d'injection dit "semi-séquentiel", consistant à grouper les injecteurs par paires, chaque paire d'injecteurs n'étant commandée qu'une seule fois par cycle moteur, c'est-à-dire tous les deux tours moteur, et de sorte que le séquençement des paires commandées ne tient pas compte du cycle moteur, c'est-à-dire ne nécessite pas d'informations d'un capteur de phase moteur, dont on peut faire l'économie.

Pour mettre en oeuvre un tel procédé, un système semi-séquentiel comprend un détecteur de la position angulaire du vilebrequin sur chaque tour du moteur, permettant notamment de détecter les Points Morts Hauts et Points Morts Bas (PMB) du moteur, quatre injecteurs groupés en deux paires d'injecteurs, et deux étages de puissance électrique, dont chacun commande une paire respective d'injecteurs une fois par cycle moteur, c'est-à-dire une fois tous les deux tours moteur.

En indexant chaque injecteur de la même façon que le cylindre du moteur qu'il alimente, il a été proposé d'apparier soit les injecteurs 1 et 2 dans une paire et les injecteurs 3 et 4 dans l'autre paire, soit les injecteurs 1 et 3 dans une paire et les injecteurs 2 et 4 dans l'autre paire, soit enfin les injecteurs 1 et 4 dans une paire et les injecteurs 2 et 3 dans l'autre paire. De même, il a été proposé de réaliser le séquençement de la commande des deux paires d'injecteurs de plusieurs façons, sous réserve que la période de commande soit de deux tours moteur.

Mais, dans tous les cas, on a proposé de commander les deux paires d'injecteurs de manière symétrique ou régulière sur la période de deux tours moteur, c'est-à-dire de commander deux injections équi-réparties sur la période, et pour chacune desquelles les deux injecteurs de la paire respective correspondante sont simultanément commandés. Chacune des deux injections est commandée pendant l'un de deux demi-tours séparés d'un demi-tour sans injection.

Sur la figure 1, on a représenté un diagramme schématisant, pour chacun des quatre cylindres cyl 1 à cyl 4 du moteur, représentés en lignes superposées, la succession au cours de neuf demi-tours successifs (en colonnes adjacentes) des quatre phases successives d'admission, de compression, de détente et d'échappement qui constituent un cycle moteur, les

phases d'admission étant repérées par des pointillés 1, pour un moteur dont les quatre injecteurs sont appariés selon le troisième choix présenté ci-dessus (injecteurs 1 et 4 en une paire ; injecteurs 2 et 3 dans l'autre paire) avec répartition régulière des commandes d'injection, repérées par des rectangles pleins allongés 2, et en supposant que le premier demi-tour corresponde à une phase d'admission pour le cylindre 1. Si on appelle retard ou temps de réponse le délai, représenté par un trait plein continu 3, entre l'instant A de la dernière acquisition des valeurs des paramètres ayant servi au calcul de la quantité A injectée et l'admission effective pour le cylindre considéré, on constate que ce retard est faible pour le cylindre 1, supérieur à un demi-tour pour le cylindre 2, supérieur à trois demi-tours pour le cylindre 3 et supérieur à deux demi-tours pour le cylindre 4. Soit une somme de retards supérieure à six demi-tours pour les quatre cylindres, donc un retard moyen de 1,5 demi-tour.

Si l'admission au premier demi-tour est au cylindre 4 et non au cylindre 1, on trouve des retards supérieurs à deux demi-tours pour le cylindre 1, à trois demi-tours pour le cylindre 2, à un demi-tour pour le cylindre 3 et faible pour le cylindre 4, soit un même total et une même moyenne.

Il en est de même si l'on change le séquençement des paires commandées, c'est-à-dire si, au premier demi-tour, on commande l'injection dans les cylindres 2 et 3, et au troisième demi-tour dans les cylindres 1 et 4, que l'admission au premier demi-tour soit au cylindre 1 ou au cylindre 4.

L'insensibilité de cet appariement des injecteurs au phasage moteur est bien obtenue en terme de somme et de moyenne des retards, et on constate que les deux autres configurations d'appariements possibles sont moins performantes en terme de sensibilité au phasage du moteur ou de temps de retard.

La recherche d'une bonne régularité de fonctionnement du moteur conduit donc naturellement à privilégier l'appariement des injecteurs 1-4 et 2-3. Mais le retard reste trop important pour deux cylindres sur quatre. De plus, l'une des injections intervient en phase d'admission, ce qui est considéré comme défavorable à une bonne préparation du mélange dans le cylindre correspondant.

Suivant la sensibilité du moteur à la préparation du mélange, ou suivant les exigences de précision du suivi de richesse en transitoire, le problème à la base de l'invention est de privilégier respectivement la bonne préparation du mélange ou la réduction du temps de réponse ou retard.

Un but de l'invention est soit de réduire tout à la fois la valeur maximum du retard et sa valeur moyenne dans un tel système de commande semi-séquentielle, ce qui permet la suppression des injections exceptionnelles, qui peuvent être ajoutées pour compenser une insuffisance d'alimentation en cas de créneaux d'accélération importants, par exemple,

soit de favoriser la préparation du mélange.

Un autre but de l'invention est de choisir un appariement des injecteurs ainsi qu'un séquençement dans la commande des paires d'injecteurs qui garantissent un fonctionnement du système insensible à l'incertitude relative à la phase moteur.

A cet effet, l'invention propose un procédé de commande d'injection d'un moteur à combustion interne, à allumage commandé et injection multipoints, à quatre cylindres et fonctionnant selon un cycle à quatre temps, qui comprend un injecteur par cylindre, le procédé comprenant les étapes consistant à grouper les injecteurs par paires, à commander l'ouverture des injecteurs de chaque paire une seule fois par cycle moteur, et de sorte que le séquençement de la commande des deux paires d'injecteur soit insensible au phasage du moteur, et qui se caractérise en ce qu'il comprend de plus les étapes consistant, si l'on indexe chaque injecteur avec le même indice que le cylindre dudit moteur qu'il alimente, à apparier les injecteurs 1 et 4 d'une part et les injecteurs 2 et 3 d'autre part, à initier l'injection de chacune des deux paires d'injecteurs 1-4 et 2-3 au cours de l'un respectivement de deux demi-tours moteur successifs, et à faire suivre ces deux commandes de deux demi-tours moteur successifs sans commande d'injecteurs, puis à reprendre la séquence, tant que le moteur est commandé en fonctionnement synchrone.

On constate que le choix de l'appariement des injecteurs ainsi que le choix d'initier l'injection des deux paires d'injecteurs chacune au cours de l'un respectivement de deux demi-tours moteur successifs, ont pour avantages de rendre le fonctionnement insensible à l'incertitude de la phase moteur, et soit de minimiser le retard entre l'acquisition des paramètres qui servent au calcul du temps d'injection et l'admission effective du combustible dans les cylindres du moteur, ce qui procure un meilleur comportement de ce dernier en suivi de richesse, soit de favoriser la préparation du mélange en évitant l'injection soupape d'admission ouverte - il est connu que le fait de faire séjourner le carburant dans une préchambre d'admission, c'est-à-dire en injectant ce carburant avant l'ouverture de la soupape d'admission, est favorable à la préparation du mélange -, selon que les débuts d'injection se font respectivement en phases d'admission et de détente ou en phases de compression et d'échappement.

Ces avantages sont obtenus aussi bien avec un séquençement de commande consistant à commander d'abord la paire d'injecteurs 1-4, puis la paire 2-3, qu'avec le séquençement de commande consistant d'abord à commander la paire d'injecteurs 2-3, puis la paire 1-4.

Avantageusement de plus, le procédé de commande d'injection selon l'invention comprend l'étape consistant à déterminer le séquençement de la commande des deux paires d'injecteurs (paire 1-4

puis paire 2-3, suivie de deux demi-tours moteur sans commande, puis à nouveau de la commande de la paire 1-4 puis de la paire 2-3, ou commande de la paire 2-3 puis de la paire 1-4, suivie de deux demi-tours moteur sans commande, puis à nouveau de la commande de la paire 2-3 suivie de la paire 1-4) en fonction de la situation du moteur par rapport à son cycle, au moment de l'entrée en phase de fonctionnement synchrone du moteur, par exemple à la suite d'un démarrage du moteur ou à l'occasion d'une reprise d'injection après une coupure de cette dernière.

Selon un mode avantageux de réalisation, le procédé de commande selon l'invention consiste à choisir le séquençement de commande de la paire d'injecteurs 1-4 puis de la paire 2-3, ou le séquençement de commande de la paire d'injecteurs 2-3 puis de la paire 1-4, selon que le premier signal de Point Mort Haut (PMH) ou de Point Mort Bas (PMB) donné par un capteur de rotation du moteur après l'entrée du moteur en phase de fonctionnement synchrone est un signal de PMH ou de PMB pour la paire 1-4.

Le procédé peut consister, de plus, à introduire une temporisation entre la détermination du séquençement de la commande des paires d'injecteurs, par exemple en fonction du premier signal de PMH ou de PMB, et le déroulement effectif de l'injection en fonction d'événements antérieurs, tels que le démarrage du moteur ou une coupure d'injection, par exemple en décélération.

En outre, le procédé peut consister à initier l'injection pendant la phase d'admission de l'un des deux cylindres de chaque paire (correspondant à chaque paire d'injecteur) et pendant la phase de détente de l'autre cylindre, si on recherche de faibles retards, ou, en variante, pendant la phase d'échappement de l'un des deux cylindres de chaque paire et pendant la phase de compression de l'autre cylindre, si on recherche une bonne préparation du mélange. Il peut enfin consister à passer de la mise en oeuvre de l'une à l'autre des deux variantes du procédé en fonction d'au moins un paramètre de fonctionnement ou d'état thermique du moteur ou d'un équipement associé.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention découleront de la description donnée ci-dessous, à titre non limitatif, d'exemples de réalisation décrits en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1, déjà présentée et décrite ci-dessus, correspond à un diagramme schématisant les différentes phases du cycle moteur pour chacun des quatre cylindres, avec indication des phases d'admission, des commandes d'injection et des temps de réponse pour un système dit semi-séquentiel à couplage des injecteurs ou des cylindres 1-4 et 2-3, et à commande d'injection régulière, symétrique ou équirépartie sur une phase moteur,
- la figure 2 est un diagramme analogue à celui

de la figure 1 pour un système semi-séquentiel également à couplage des cylindres ou injecteurs d'indice 1-4 dans la première paire et d'indice 2-3 dans la seconde paire, mais à commande d'injecteur asymétrique, privilégiant la réduction des retards,

- la figure 3 représente deux séquençements possibles de commande des paires d'injecteurs, qui sont choisis en fonction du premier signal de PMH ou de PMB détecté pour la paire 1-4 lors de l'entrée du moteur en phase de fonctionnement synchrone, soit après démarrage, soit à l'occasion d'une reprise d'injection, suite à une coupure de celle-ci,
- la figure 4 est un diagramme analogue à celui de la figure 2 pour un système semi-séquentiel avec le même couplage des injecteurs, mais à commande asymétrique privilégiant la qualité de la préparation du mélange, et
- la figure 5 correspond à la figure 3 pour la commande asymétrique de la figure 4.

On rappelle que la conséquence d'un fonctionnement semi-séquentiel à commande d'injecteurs symétrique, tel que décrit ci-dessus en référence à la figure 1, conduit à des retards maximum supérieurs à trois demi-tours moteur, à une somme des retards supérieure à six demi-tours moteur, et donc à une moyenne des retards de l'ordre de 1,5 demi-tour moteur par cylindre, les autres variantes possibles de fonctionnement semi-séquentiel à commande d'injecteurs symétriques présentant des inconvénients en terme de retard et en terme de sensibilité à l'incertitude du phasage du moteur. De plus, l'injection se produit en phase d'admission dans un cylindre.

Sur la figure 2, où l'on a également représenté les phases d'admission par la référence 1, les commandes d'injecteurs par la référence 2 et les retards par la référence 3, dans les mêmes conditions que sur la figure 1, on constate que l'injection par la paire d'injecteurs 1-4 est initiée et se déroule lors du premier demi-tour, pour lequel le cylindre 1 est en phase d'admission, et que l'injection par la paire d'injecteurs 2-3 est initiée et se déroule au cours du demi-tour moteur immédiatement suivant, c'est-à-dire le second demi-tour moteur, pour lequel le cylindre 3 est en phase d'admission. Aucune commande d'injecteurs n'intervient au cours des deux demi-tours moteur suivants, pour lesquels le cylindre 4 puis le cylindre 2 sont successivement en phase d'admission. Au premier demi-tour du cycle moteur suivant (le cinquième demi-tour sur la figure 2), on commande à nouveau les injecteurs de la paire 1-4, puis, au demi-tour moteur immédiatement suivant, on commande à nouveau la paire d'injecteurs 2 et 3, à la suite de quoi deux demi-tours moteur se succèdent sans commande d'injecteurs. On obtient ainsi le séquençement représenté sur la première ligne de la figure 3, qui est conservé tant que le moteur est commandé en fon-

ctionnement synchrone. Ce séquençement fait suite à la détection, au début du premier demi-tour, d'un PMH pour le cylindre 1 en admission, mais, en variante, pourrait être celui du cylindre 4 en admission. Le cycle moteur commencerait alors à partir du troisième demi-tour moteur de la figure 2.

Sur cette figure 2, les dernières acquisitions A des valeurs mesurées des paramètres de fonctionnement du moteur ayant servi au calcul de la quantité de combustible à injecter, et qui précèdent les commandes d'injecteurs, sont celles obtenues respectivement au début de chacun des deux premiers demi-tours moteur. On constate ainsi que pour les cylindres 1 et 3, le retard est faible, alors qu'il est légèrement supérieur à deux demi-tours moteur pour les cylindres 2 et 4. La valeur maximum des retards est ainsi diminuée, par rapport à une commande selon la figure 1, la somme des retards n'étant plus que de l'ordre de quatre demi-tours moteur, ce qui correspond à une moyenne d'environ un demi-tour moteur par cylindre.

On réduit bien ainsi le retard maximum, la somme des retards et leur moyenne. Ces résultats avantageux sont également obtenus si on adopte le séquençement de commande des paires d'injecteurs représenté sur la deuxième ligne de la figure 3, à savoir une première commande de la paire d'injecteurs 2-3, suivie d'une commande, au demi-tour moteur immédiatement suivant, de la paire d'injecteurs 1-4, puis de deux demi-tours moteur sans commande, puis à nouveau de la commande de la paire d'injecteurs 2-3 suivie de la commande de la paire 1-4, etc ..., tant que le moteur reste commandé en fonctionnement synchrone.

Un tel séquençement peut commencer par la commande de la paire 2-3, après passage par un PMB pour la paire 1-4, par exemple lors du second demi-tour de la figure 2, pour lequel le cylindre 3 est en phase d'admission, ou lors du quatrième demi-tour moteur de la figure 2, pour lequel le cylindre 2 est en phase d'admission.

La figure 3 et la figure 2 permettent de comprendre que, lorsque le moteur entre en phase de fonctionnement synchrone, soit après son démarrage, soit à l'occasion d'une reprise d'injection, faisant suite à une coupure d'injection en raison d'une décélération par exemple, le séquençement automatiquement adopté par l'unité centrale de commande du dispositif, comportant un microprocesseur convenablement programmé à cet effet, sera celui de la première ligne de la figure 3 si le premier signal de PMH ou de PMB détecté pour la paire 1-4 par le capteur de rotation du moteur est un signal de PMH, et sera le séquençement de la seconde ligne de la figure 3 si ce premier signal détecté est un signal de PMB.

Il est généralement admis que la commande de l'injection de combustible dans un cylindre en phase d'admission est défavorable à une bonne préparation

du mélange combustible-air. De ce point de vue, le procédé de commande décrit ci-dessus peut être considéré comme désavantageux, dans la mesure où il va à l'encontre de cet enseignement, puisque la figure 2 montre que l'ouverture des injecteurs des cylindres 1 et 3 est commandée, c'est-à-dire que l'injection est initiée, alors que ces derniers sont en phase d'admission, tandis que l'injection est initiée pendant la phase de détente des cylindres 4 et 2.

Si on veut privilégier non plus l'obtention de faibles retards, comme cela est obtenu par la mise en oeuvre de la première variante du procédé décrite ci-dessus en référence aux figures 2 et 3, mais la bonne préparation du mélange air-combustible admis dans les cylindres, on met en oeuvre la seconde variante du procédé à présent décrite en référence aux figures 4 et 5.

En continuant de représenter les phases d'admission par la référence 1 et les commandes d'injecteurs par la référence 2, on constate que l'injection par la paire d'injecteurs 1-4 est initiée lors du second demi-tour, pour lequel le cylindre 1 est en phase de compression et le cylindre 4 en phase d'échappement, et, dans cet exemple, que l'injection se déroule au cours de ce second demi-tour. L'injection par la paire d'injecteurs 2-3 est initiée lors du demi-tour moteur immédiatement suivant, c'est-à-dire le troisième demi-tour moteur, pour lequel le cylindre 2 est en phase d'échappement et le cylindre 3 en phase de compression, l'injection se déroulant également au cours de ce troisième demi-tour moteur. Aucune commande d'injecteur n'intervient au cours des deux demi-tours moteur suivants, pour lesquels le cylindre 2 puis le cylindre 1 sont successivement en phase d'admission. Au second demi-tour du cycle moteur suivant (le sixième demi-tour sur la figure 4), on commande à nouveau les injecteurs de la paire 1-4, puis, au demi-tour moteur immédiatement suivant, on commande à nouveau la paire d'injecteurs 2-3, à la suite de quoi deux demi-tours moteur se succèdent sans commande d'injecteur. On obtient ainsi le séquençement représenté sur la première ligne de la figure 5, qui est conservé tant que le moteur est commandé en fonctionnement synchrone. Ce séquençement fait suite à la détection, au début du second demi-tour, d'un PMB pour les cylindres 1 et 4, mais, en variante, le PMB détecté pour ces cylindres 1 et 4 pourrait être au début du quatrième demi-tour moteur de la figure 4. Le séquençement des commandes d'injecteurs commencerait alors par la commande des injections au niveau des injecteurs 1 et 4 au cours de ce quatrième demi-tour moteur, suivi, au cinquième demi-tour moteur, de la commande des injections par les injecteurs 2 et 3, avec, ensuite, deux demi-tours moteur consécutifs sans commande d'injecteur, puis reprise du séquençement.

On constate qu'aucune injection n'est commandée en phase d'admission du cylindre correspon-

dant, ce qui est très favorable à une bonne préparation du mélange admis dans ce cylindre.

Ce résultat avantageux est également obtenu si on adopte le séquençement de commande des paires d'injecteurs représenté sur la seconde ligne de la figure 5, à savoir une première commande de la paire d'injecteurs 2-3, suivie d'une commande, au demi-tour moteur immédiatement suivant, de la paire d'injecteurs 1-4, puis de deux demi-tours moteur sans commande, puis à nouveau de la commande de la paire d'injecteurs 2-3 suivie de la commande de la paire 1-4, etc..., tant que le moteur reste commandé en fonctionnement synchrone.

Un tel séquençement peut commencer par la commande de la paire d'injecteurs 2-3, après passage des cylindres 1 et 4 par un PMH, par exemple lors du troisième demi-tour de la figure 4, pour lequel le cylindre 4 est en phase d'admission, [la paire d'injecteurs 1-4 étant commandée au cours du demi-tour moteur immédiatement suivant, c'est-à-dire le quatrième sur la figure 4], ou lors du cinquième demi-tour moteur de la figure 4 (correspondant au premier demi-tour), pour lequel le cylindre 1 est en phase d'admission, les injecteurs 1 et 4 étant alors commandés au cours du demi-tour moteur immédiatement suivant, soit le sixième (correspondant au second) sur la figure 4.

Les figures 4 et 5 permettent de comprendre que le séquençement automatiquement adopté par l'unité centrale de commande du dispositif sera celui de la première ligne de la figure 5, si le premier signal de PMH ou de PMB détecté par le capteur de rotation du moteur pour les cylindres 1 et 4 est un signal de PMB, et sera le séquençement de la seconde ligne de la figure 5, si ce premier signal détecté est un signal de PMH pour ces mêmes cylindres 1 et 4, lorsque le moteur entre en phase de fonctionnement synchrone.

Sur la figure 4, les retards 3 ainsi que les instants des dernières acquisitions A des valeurs mesurées des paramètres de fonctionnement du moteur ayant servi au calcul de la quantité de combustible à injecter, et qui précèdent les commandes d'injecteurs, n'ont pas été représentés, car le procédé correspondant, qui privilégie la bonne préparation du mélange et non la recherche de retards faibles, n'est pas, sur ce dernier point, sensiblement meilleur que les procédés de l'état de la technique (voir figure 1).

Dans la description qui précède des figures 2 et 4, on a mentionné que l'injection est initiée et se déroule au cours d'un seul demi-tour moteur particulier pour les deux injecteurs de chaque paire respectivement. Mais l'injection peut commencer juste avant le début de ce demi-tour moteur, et s'étendre éventuellement sur plusieurs demi-tours moteur successifs, voire sur tout le cycle moteur, en cas de besoin, par exemple si le régime du moteur est élevé et/ou les besoins du moteur en combustible sont élevés.

Dans les configurations associant un moteur et

son système d'injection dans lesquelles, compte-tenu des conditions de fonctionnement considérées, soit le moteur est particulièrement exigeant en matière de préparation du mélange air-combustible, soit le système d'apport de combustible n'est pas jugé assez performant en matière de préparation du mélange, on adopte le procédé des figures 4 et 5 (début d'injection en phase d'échappement pour l'un et de compression pour l'autre des deux injecteurs de chaque paire), qui favorise une bonne préparation du mélange. Dans les autres cas, on préfère adopter le procédé des figures 2 et 3 (début d'injection en phase d'admission pour l'un et de détente pour l'autre des deux injecteurs de chaque paire).

Le choix entre les deux variantes du procédé peut être fait de façon définitive, ou en fonction des conditions de fonctionnement du moteur, par l'unité électronique de contrôle et commande du moteur. Par exemple, lorsque le catalyseur recevant les gaz d'échappement du moteur est inefficace, du fait de sa basse température, ce qui est le cas pendant un certain temps après le démarrage du moteur, on peut d'abord mettre en oeuvre le procédé privilégiant la préparation du mélange (figures 4 et 5) puis basculer sur la mise en oeuvre du procédé favorisant les faibles retards, donc le suivi de richesse en transitoire (figures 2 et 3).

Le basculement d'une variante à l'autre peut être commandé par l'unité électronique de contrôle et commande du moteur en fonction de paramètres de fonctionnement du moteurs, tels que son régime et la pression à la tubulure d'admission d'air, et/ou en fonction de l'état thermique du moteur ou d'un équipement associé.

Pour éviter des à-coups de fonctionnement du moteur, pouvant par exemple découler d'une reprise d'injection trop précoce suite à une coupure en décélération, une temporisation, éventuellement réglable, peut être introduite entre la détermination du séquençement de commande à adopter à la suite de la détection d'un PMH ou d'un PMB, et la reprise effective d'injection.

On comprend que le dispositif permettant de mettre en oeuvre le procédé ci-dessus décrit peut être rigoureusement identique à un dispositif semi-séquentiel à commande symétrique, mais que le microprocesseur de l'unité de commande sera programmé différemment pour assurer les commandes d'injecteur asymétriques selon les séquençements décrits ci-dessus. Bien entendu, le capteur de rotation du moteur est le même que dans les dispositifs connus, à savoir un capteur à roue dentée avec une singularité pour la détection du PMH, cette roue dentée étant solidaire en rotation du vilebrequin ou du volant moteur.

## Revendications

1. Procédé de commande d'injection d'un moteur à allumage commandé et injection multipoints, à quatre cylindres et fonctionnant selon un cycle à quatre temps, et qui comprend un injecteur par cylindre, le procédé comprenant les étapes consistant à grouper les injecteurs par paires, à commander l'ouverture des injecteurs de chaque paire une seule fois par cycle moteur, et de sorte que le séquençement de la commande des deux paires soit insensible au phasage du moteur, caractérisé en ce qu'il comprend de plus les étapes consistant, si l'on indexe chaque injecteur avec le même indice que le cylindre du moteur qu'il alimente, à apparier les injecteurs 1 et 4 d'une part et les injecteurs 2 et 3 d'autre part, à initier l'injection de chacune des deux paires d'injecteurs 1-4 et 2-3 au cours de l'un respectivement de deux demi-tours moteur successifs, et à faire suivre ces deux commandes de deux demi-tours moteur successifs sans commande d'injecteurs, puis à reprendre la séquence tant que le moteur est commandé en fonctionnement synchrone.
2. Procédé de commande d'injection selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend de plus l'étape consistant à déterminer le séquençement de la commande des deux paires d'injecteur (1-4 puis 2-3, ou 2-3 puis 1-4) en fonction de la situation du moteur par rapport à son cycle au moment de l'entrée en phase de fonctionnement synchrone du moteur, par exemple suite à un démarrage du moteur ou à l'occasion d'une reprise d'injection après coupure de cette dernière.
3. Procédé de commande d'injection selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il consiste à choisir le séquençement de commande de la paire d'injecteurs 1-4 puis de la paire 2-3 ou le séquençement de commande de la paire d'injecteurs 2-3 puis de la paire 1-4, selon que le premier signal de PMH ou de PMB donné par un capteur de rotation du moteur après l'entrée du moteur en phase de fonctionnement synchrone est un signal de PMH ou de PMB, pour la paire 1-4.
4. Procédé de commande d'injection selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce qu'il consiste, de plus, à introduire une temporisation entre la détermination du séquençement de la commande des paires d'injecteurs 1-4 et 2-3, et le déroulement effectif de l'injection en fonction d'événements antérieurs, tel que le démarrage du moteur ou une coupure d'injection, par exemple en décélération.
5. Procédé de commande d'injection selon l'une

quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à initier l'injection pendant la phase d'admission de l'un des deux cylindres correspondant à chaque paire d'injecteurs 1-4 et 2-3, et pendant la phase de détente de l'autre cylindre. 5

6. Procédé de commande d'injection selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste à initier l'injection pendant la phase d'échappement de l'un des deux cylindres correspondant à chaque paire d'injecteurs 1-4 et 2-3, et pendant la phase de compression de l'autre cylindre. 10

7. Procédé de commande d'injection selon les revendications 5 et 6, caractérisé en ce qu'il consiste de plus à passer de la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 5 et 6 à la mise en oeuvre du procédé selon l'autre de ces revendications, en fonction d'au moins un paramètre de fonctionnement et/ou d'état thermique du moteur ou d'un équipement associé. 15 20

25

30

35

40

45

50

55



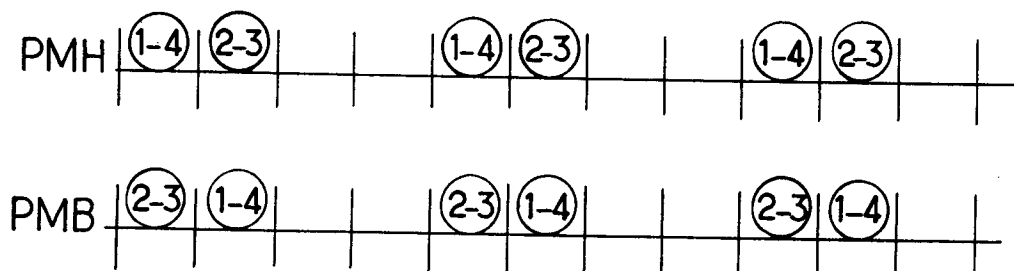
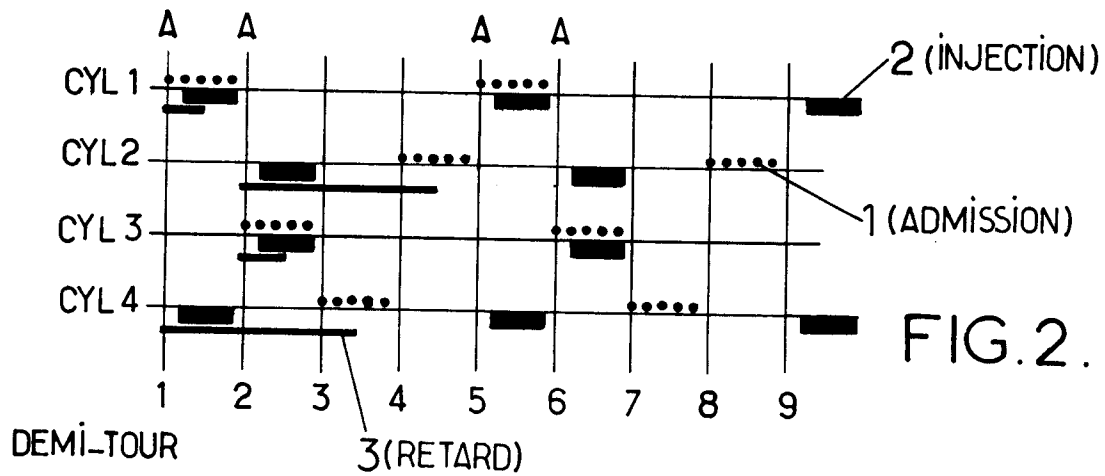
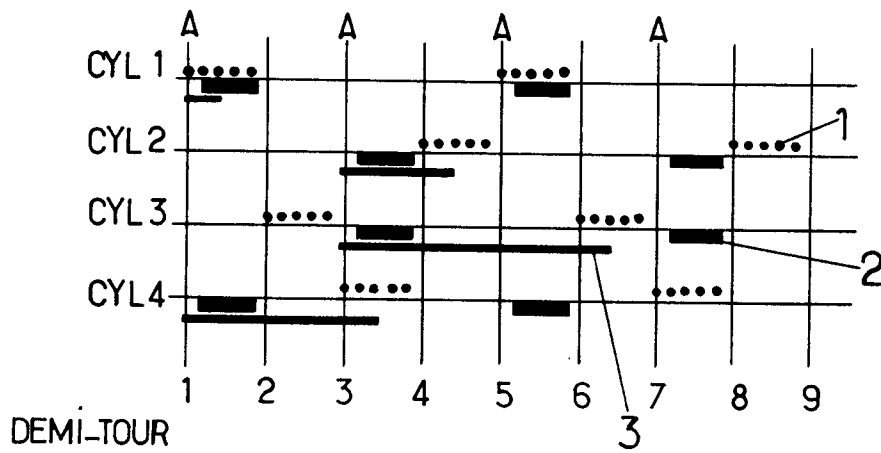


FIG.4.

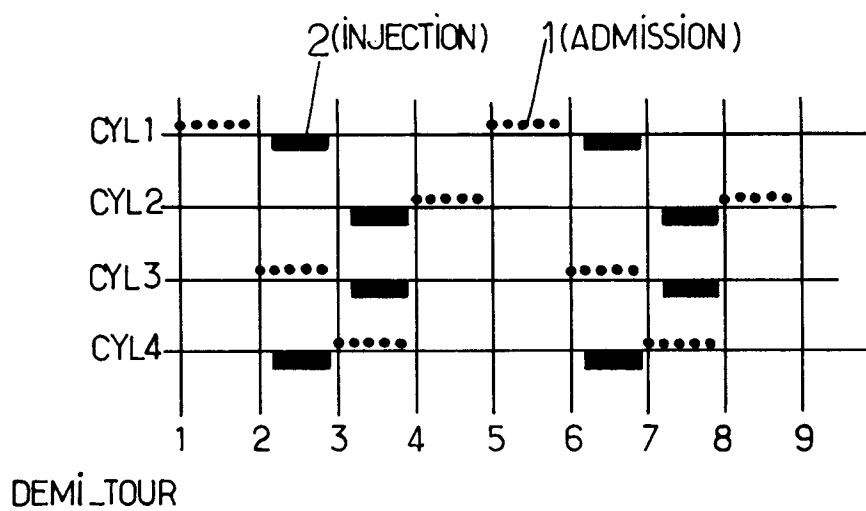


FIG.5.

