



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**31.03.2004 Bulletin 2004/14**

(51) Int Cl.7: **F02M 63/02, F02M 55/04**

(21) Numéro de dépôt: **03292276.7**

(22) Date de dépôt: **16.09.2003**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR**  
**HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**  
 Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK**

(72) Inventeurs:  
 • **Meissonnier, Guillaume**  
**41190 Landes le Gaulois (FR)**  
 • **Charleux, Eric**  
**41350 Vineuil (FR)**  
 • **Van den Hende, Stéphane**  
**41500 Menars (FR)**

(30) Priorité: **30.09.2002 FR 0212048**

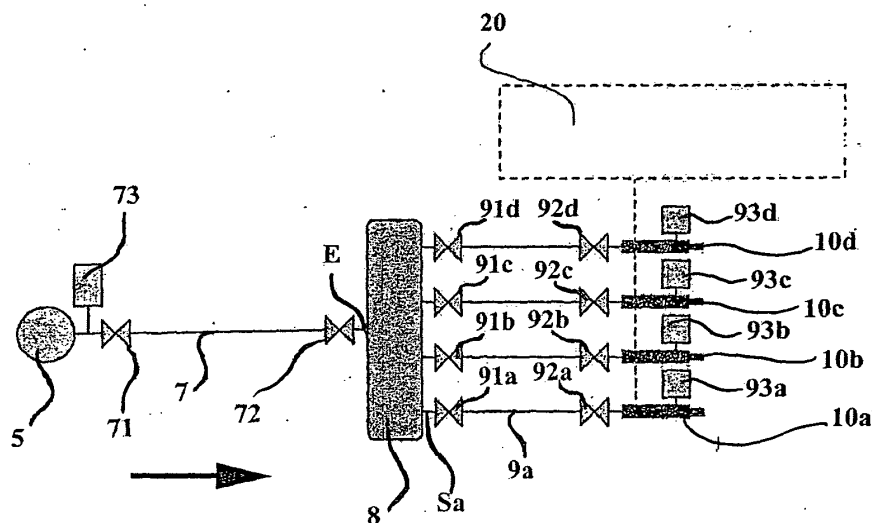
(71) Demandeur: **Delphi Technologies, Inc.**  
**Troy, MI 48007 (US)**

(74) Mandataire: **Abello, Michel**  
**Cabinet Peuscet,**  
**78, avenue Raymond Poincaré**  
**75116 Paris (FR)**

(54) **Système d'injection de carburant haute pression équipé de moyens d'atténuation des ondes de pression**

(57) Système d'injection de carburant haute pression comportant une pompe (5), un rail commun (8) et une pluralité d'injecteurs (10a-10d), ainsi qu'une canalisation d'entrée (7) reliant la pompe (5) audit rail commun (8) et une pluralité de canalisations d'injection (9a-9d) reliant respectivement ledit rail commun (8) à chacun des injecteurs de ladite pluralité d'injecteurs (10a, 10d), et comportant un calculateur programmé (20). Le système d'injection comporte des moyens d'atténuation

résistifs (71-72,91-92), symétriques ou asymétriques, et capacitifs (73,93) permettant d'atténuer des ondes hydrauliques et plus particulièrement les ondes dont la fréquence correspond à une fréquence de résonance propre dudit système d'injection. Le système d'injection comporte, éventuellement, une partie logicielle permettant au calculateur programmé (20) de tenir compte des variations résiduelles de pression au niveau des différents injecteurs (10a,10d).



**Fig. 5**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un système d'injection de carburant haute pression. Plus précisément, l'invention est relative à la gestion des ondes de pression dans un tel système d'injection, afin de contrôler la quantité de carburant introduite dans chaque cylindre lors de l'injection.

**[0002]** La figure 1 des dessins placés en annexe présente, de manière schématique, un dispositif d'alimentation en carburant connu du moteur d'un véhicule.

**[0003]** Ce dispositif d'alimentation comporte une partie basse pression dont les différents éléments vont maintenant être décrits. Un réservoir 1 contient du carburant. Par exemple, dans le cas d'un moteur thermique diesel, le carburant est du gazole. Une canalisation aller basse pression 3 permet d'acheminer le carburant vers une pompe 5. Le carburant est filtré au travers d'un filtre 4 placé le long de la canalisation aller basse pression 3. Une canalisation retour basse pression 6 permet de retourner un trop plein de carburant de la pompe 5 vers le réservoir 1.

**[0004]** Le dispositif d'alimentation comporte une partie haute pression ou système d'injection, qui va maintenant être décrite. Ce système d'injection comporte différents éléments mécaniques. La pompe 5 comprime le carburant et l'injecte dans une canalisation d'entrée 7 haute pression. Le carburant est acheminé jusqu'à un rail commun 8 via la canalisation d'entrée 7 haute pression qui est connectée à une entrée E du rail commun 8. Le rail commun 8 constitue une chambre d'accumulation de carburant haute pression. Le carburant contenu dans le rail commun 8 est ensuite acheminé vers différents injecteurs 10a-10d. Ceci est réalisé au moyen des canalisations d'injection 9a-9d connectées respectivement à des sorties Sa-Sd du rail commun 8. Une vanne électro-hydraulique (non représentée), qui équipe chaque injecteur 10a-10d, est alors actionnée afin d'injecter une quantité de carburant dans le cylindre (non représenté) correspondant. Une canalisation de retour 11 permet de recycler le carburant servant au fonctionnement de la vanne n'ayant pas été injecté, en le faisant circuler des injecteurs 10a-10d vers la pompe 5.

**[0005]** D'un point de vue hydraulique et dans la suite de ce document, les différentes canalisations sont prises au sens large. C'est-à-dire que sous le terme générique de canalisation nous réunissons les conduites tubulaires, les éléments de fixations de ces tubulures à d'autres éléments du système d'injection et éventuellement les orifices percés à travers ces éléments dans le prolongement d'une tubulure. Par exemple, les canalisations d'injection s'étendent jusqu'au siège de la vanne d'injection et sont en générales percées dans le porte injecteur.

**[0006]** Le système d'injection comporte également un calculateur programmé, le contrôleur moteur 20. L'ouverture et la fermeture des vannes électro-hydrauliques équipant les injecteurs 10a-10d sont commandées par le contrôleur moteur, via au moins une connexion d'actionnement des injecteurs 21a. De même, le fonctionnement de la pompe 5 est commandé par le contrôleur moteur 20 via une connexion d'actionnement de la pompe 21b et un actionneur 22. La pression dans le rail commun est mesurée par un capteur 24 et le signal correspondant à cette mesure est acheminé vers le contrôleur moteur 20 via la connexion d'acquisition de la pression 23a. Le contrôleur moteur 20 est relié à d'autres capteurs (non représentés) via au moins une connexion d'acquisition de données 23b. Ces autres capteurs sont par exemple, un capteur mesurant l'accélération que demande le conducteur du véhicule ou un capteur indiquant l'instant du cycle moteur auquel se situe le moteur. Ainsi, en fonction du régime moteur qui doit être atteint et en fonction des paramètres actuels du moteur, le contrôleur moteur 20 détermine la quantité de carburant qui doit être injecter dans chacun des cylindres du moteur. En conséquence le contrôleur moteur 20 détermine, d'une part, la pression de fonctionnement qui doit être atteinte dans le rail commun 8 et, d'autre part, les instants d'ouverture et de fermeture des vannes électro-hydrauliques de chacun des injecteurs 10a-10d. En fonction de ces paramètres, des signaux sont respectivement émis par le contrôleur moteur 20 sur les connexions d'actionnement de la pompe 23a pour actionner la pompe 5 et d'actionnement des vannes 23b pour actionner l'ouverture et la fermeture des vannes électro-hydrauliques correspondantes.

**[0007]** De manière générale, de tels systèmes d'injection en carburant haute pression sont perturbés par des ondes hydrauliques. Ces ondes hydrauliques peuvent être soit des ondes de pression, soit des ondes de vitesse, sachant que ces deux types d'ondes sont corrélés.

**[0008]** Des ondes de pression sont générées par l'ouverture et la fermeture rapide des vannes électro-hydrauliques qui équipent les injecteurs du système d'injection : l'ouverture créant une dépression importante, la fermeture une surpression importante. Des ondes de pression sont également générées par le débit pulsé de la pompe.

**[0009]** Les ondes générées par le fonctionnement des injecteurs se propagent le long des canalisations d'injection à contre-courant, c'est-à-dire vers l'amont de l'écoulement principal. Elles se propagent ensuite dans le rail commun, puis soit dans la canalisation d'entrée vers la pompe, soit dans les autres canalisations d'injection vers les autres injecteurs.

**[0010]** Les ondes générées par le fonctionnement de la pompe se propagent le long de la canalisation d'entrée dans le sens de l'écoulement. Elles se propagent ensuite dans le rail commun, puis dans les différentes canalisations d'injection en direction des injecteurs.

**[0011]** Tout au long du système d'injection, ces différentes ondes principales subissent de multiples réflexions et de multiples transmissions. Ceci donne naissance à des ondes secondaires.

**[0012]** Finalement, un grand nombre d'ondes de pression, corrélées à des ondes de vitesse, traversent le système d'injection et créent, en un point donné, des fluctuations de pression autour d'une pression de fonctionnement du système d'injection.

**[0013]** En particulier, au niveau de chacune des vannes électro-hydrauliques équipant les injecteurs, la pression du carburant subit des fluctuations au cours du temps. Pour un injecteur donné, les fluctuations de plus grande amplitude sont donc dues soit au débit pulsé de la pompe 5, soit à l'ouverture et à la fermeture des vannes électro-hydrauliques des autres injecteurs, soit à l'ouverture et à la fermeture de la vanne électro-hydraulique de l'injecteur considéré, à un instant antérieur du cycle moteur.

**[0014]** En particulier, au moment de l'ouverture de la vanne électro-hydraulique dudit injecteur considéré, la pression du carburant n'est pas connue avec précision.

**[0015]** Une première conséquence est que le débit n'est pas connu avec précision. Durant la période d'ouverture de la vanne électro-hydraulique, la quantité de carburant injectée dans le cylindre n'est ainsi pas maîtrisée.

**[0016]** Une deuxième conséquence est qu'au moment où la vanne électro-hydraulique est sensée s'ouvrir ou se fermer, elle subit une force mécanique supplémentaire due à une variation de pression. Cette force supplémentaire facilite ou s'oppose à l'opération d'ouverture ou de fermeture de la vanne électro-hydraulique. L'instant d'ouverture ou de fermeture de la vanne est modifié. Ainsi, les fluctuations de pression impliquent que le moment et la période d'ouverture de la vanne équipant l'injecteur varient. Une nouvelle fois, la quantité de carburant injectée dans le cylindre n'est pas maîtrisée. De plus, le moment exact de l'injection n'est pas maîtrisé non plus.

**[0017]** Ces fluctuations de pression au niveau de l'injecteur, et leurs conséquences sur la quantité de carburant injecté dans le cylindre du moteur, sont particulièrement préjudiciables lorsqu'il s'agit d'un moteur à injections multiples. Dans ce cas, au cours d'un cycle moteur, plusieurs courtes injections sont réalisées successivement, afin, entre autre, d'améliorer le rendement du moteur. L'utilisation d'un moteur à injections multiples nécessite donc la maîtrise de la quantité de carburant injectée dans le cylindre à chaque injection.

**[0018]** De nombreux documents, connus de l'homme de l'art, décrivent des moyens mécaniques permettant d'atténuer les fluctuations de pression :

**[0019]** Le document US 5845621 propose d'ajouter un élément dissipatif 18 (figure 1) à l'une des extrémités de l'alésage principal du rail commun.

**[0020]** Le document US 6314942 propose d'ajouter à l'intérieur du rail commun 20 un élément d'atténuation 110 des ondes de pression. Cet élément se présente sous la forme d'une tige coaxiale au rail commun et s'étendant sur toute la longueur de ce dernier. En outre, la section transversale de cet élément présente plusieurs lobes aptes à réfléchir les ondes de pression (figure 1).

**[0021]** Le document US 4161161 propose l'adjonction d'un élément capacitif 30 constitué par un volume en dérivation de la canalisation 2 reliant la pompe 1 à l'injecteur 3 (figure 1). Dans le mode de réalisation préféré, cet élément capacitif est placé à proximité de la vanne électro-hydraulique de l'injecteur.

**[0022]** De la même manière, le document FR 2783284 propose de placer un élément capacitif 10 en série sur chacun des injecteurs. Chaque élément capacitif est, par ailleurs, en communication fluidique avec les autres.

**[0023]** Le document FR 2786225 donne une liste de différents modes de réalisation d'éléments capacitifs destinés à être placés sur les canalisations d'injection, à proximité des sorties du rail commun 1 (figure 1).

**[0024]** De manière générale, les moyens mis en oeuvre afin d'atténuer les ondes de pression constituent une série de procédés locaux qui sont plus ou moins efficaces et qui relèvent plus d'un savoir-faire. Aucune réponse globale n'est apportée au problème de la propagation d'onde de pression à travers l'ensemble du système d'injection. En particulier, les ondes de pression dont la fréquence s'accorde à l'une des fréquences propres du système d'injection, conduisent à l'établissement d'ondes stationnaires à travers l'ensemble du système d'injection.

**[0025]** Le but principal de la présente invention est de proposer une solution générale permettant d'atténuer les ondes de pression et en particulier les ondes de pression dont la fréquence correspond aux fréquences propres les plus basses.

**[0026]** Un autre but de la présente invention est de contrôler, à l'aide d'un dispositif programmé, la quantité de carburant injectée à chaque injection dans les différents cylindres du moteur, en évaluant les variations résiduelles de la pression au niveau des injecteurs.

**[0027]** La présente invention a pour objet un système d'injection de carburant haute pression comportant une pompe, un rail commun et une pluralité d'injecteurs, ainsi qu'une canalisation d'entrée reliant la pompe audit rail commun et une pluralité de canalisations d'injection reliant respectivement ledit rail commun à chacun des injecteurs de ladite pluralité d'injecteurs, comportant un calculateur programmé apte à mesurer une pression dans le rail commun au moyen d'un capteur de pression placé dans le rail commun et apte à actionner séparément chacun desdits injecteurs, et comportant des moyens d'atténuation qui sont aptes à atténuer des ondes hydrauliques et en particulier des ondes stationnaires de pression ou de vitesse, et qui sont constitués par des éléments résistifs et des éléments capacitifs, caractérisé en ce que lesdits éléments résistifs sont placés à des endroits qui correspondent à un ventre de l'une des ondes stationnaires de vitesse, et en ce que lesdits éléments capacitifs sont placés à des endroits qui correspondent

à un ventre de l'une des ondes stationnaires de pression.

**[0028]** Dans le système d'injection selon la présente invention, les éléments résistifs peuvent être des éléments résistifs asymétriques.

**[0029]** Les moyens d'atténuation permettent d'atténuer les ondes hydrauliques dont la fréquence correspond à une première fréquence de résonance dudit système d'injection qui est la fréquence propre la plus basse.

**[0030]** De préférence, les moyens d'atténuation permettent également d'atténuer les ondes hydrauliques dont la fréquence correspond à une deuxième fréquence de résonance dudit système d'injection qui est la fréquence propre juste supérieure à la fréquence propre la plus basse.

**[0031]** Dans un premier mode de réalisation préféré, certains desdits éléments résistifs et capacitifs sont placés aux extrémités de ladite canalisation d'entrée.

**[0032]** De préférence, l'extrémité amont de la canalisation d'entrée comporte un élément résistif en série avec un élément capacitif, et l'extrémité aval de la canalisation d'entrée comporte un élément résistif.

**[0033]** Dans un deuxième mode de réalisation préféré, certains desdits éléments résistifs et capacitifs sont placés aux extrémités de chacune desdites canalisations d'injection.

**[0034]** De préférence, l'extrémité amont de chacune des canalisations d'injection comporte un élément résistif, et l'extrémité aval de chacune des canalisations d'injection comporte un élément capacitif.

**[0035]** De préférence, chacune des canalisations d'injection comporte, en outre, un élément résistif placé au deuxième tiers desdites canalisations d'injection, celles-ci étant orientées dans le sens de l'écoulement du carburant, de l'amont vers l'aval.

**[0036]** Le mode de réalisation préféré combine à la fois la disposition relative de la canalisation d'entrée et la disposition relative aux canalisations d'injection, et qui ont été décrites ci-dessus.

**[0037]** De préférence, le calculateur programmé calcule une pression corrigée au niveau de l'injecteur et actionne chacun desdits injecteurs en fonction de ladite pression corrigée afin d'injecter une quantité de carburant  $Q_2$  souhaitée.

**[0038]** La pression corrigée  $P_{inj}^{th}$  est fonction d'une pression  $P_{rail}$  dans le rail commun, d'une température du carburant, d'une quantité de carburant  $Q_1$  injectée par le même injecteur lors d'une injection précédente, de la quantité de carburant  $Q_2$  souhaitée lors d'une injection actuelle et d'une séparation temporelle  $s$  entre l'injection précédente et l'injection actuelle.

**[0039]** Dans le mode de réalisation préféré, la pression corrigée  $P_{inj}^{th}$  est obtenue par la relation suivante :

$$P_{inj}^{th} = P_{rail} + \sum_i g_{fi}(Q_1, Q_2, S, P_{rail}, T) \times h_{fi}(Q_1, Q_2, S, P_{rail}, T)$$

où l'on somme sur différentes fréquences propres  $f_i$ , où  $g$  est une fonction périodique selon la séparation  $s$  et où  $h$  est une fonction d'atténuation selon la séparation temporelle  $s$ .

**[0040]** L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention, donné uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés. Sur ces dessins :

- la figure 1 est une vue générale schématique d'un dispositif d'alimentation en carburant d'un moteur diesel ;
- la figure 2 montre, superposées à un schéma du système d'injection selon l'art antérieur, une courbe de pression et une courbe de vitesse qui correspondent à une onde hydraulique stationnaire dont la fréquence est égale à la fréquence du premier mode propre de résonance du système d'injection ;
- la figure 3 montre, superposées à un schéma du système d'injection selon l'art antérieur, une courbe de pression et une courbe de vitesse qui correspondent à une onde hydraulique stationnaire dont la fréquence est égale à la fréquence du deuxième mode propre de résonance du système d'injection ;
- la figure 4 est une section transversale d'un insert comportant un élément résistif asymétrique ;
- La figure 4A est une vue agrandie de la zone entourée de la figure 4 ;
- la figure 5 est un schéma illustrant le mode de réalisation préféré du système d'injection selon l'invention ; et,
- la figure 6 montre une courbe représentant en fonction du temps la pression corrigée estimée par le contrôleur moteur, une courbe représentant en fonction du temps la quantité de carburant injectée sans correction logicielle, et une courbe représentant en fonction du temps la quantité de carburant injectée avec une correction logicielle tenant compte de la pression corrigée.

**[0041]** La figure 1 des dessins placés en annexe présente de manière schématique un dispositif d'alimentation en carburant d'un moteur thermique. La description de ce dispositif, et en particulier du système d'injection, a déjà été réalisée plus haut dans ce document.

**[0042]** La pression de fonctionnement régnant dans le rail commun 8 évolue entre 200 et 2000 bars au cours du fonctionnement du moteur et de la puissance demandée. Autour de cette pression de fonctionnement, la pression

subit des variations au cours du temps qui peuvent atteindre une amplitude de 300 bars.

**[0043]** Le système d'injection comme tout système mécanique se caractérise par une série de modes propres caractérisés chacun par une fréquence propre de résonance. Le premier mode propre correspondant à la fréquence de résonance la plus basse. Le deuxième mode propre correspond à la fréquence propre située juste au-dessus de ladite fréquence de résonance la plus basse. Les ondes de pression, ou de vitesse, dont la fréquence est adaptée à l'une de ces fréquences propres, ne sont pas atténuées au cours de leur propagation dans le système d'injection. Il y a, au final, établissement d'une onde stationnaire.

**[0044]** La figure 2 illustre le cas d'une onde stationnaire dont la fréquence correspond à la première fréquence propre du système d'injection.

**[0045]** La courbe 2Pa représente l'amplitude de l'onde stationnaire de pression le long de la canalisation d'entrée 7. L'amplitude de l'onde stationnaire de pression est maximum au niveau de la pompe 5. Ce point correspond à un ventre de pression. L'amplitude de l'onde stationnaire de pression diminue progressivement dans le sens de l'écoulement principal indiqué par la flèche. Finalement, l'amplitude de l'onde stationnaire de pression s'annule une première fois au niveau de l'entrée E du rail commun 8. Ce point correspond à un noeud de pression. De la même manière la courbe 2Pb représente l'amplitude de l'onde stationnaire de pression le long des différentes canalisations d'injection 9a-9d. L'amplitude de l'onde stationnaire de pression est nulle au niveau des sorties Sa-Sd du rail commun 8. L'amplitude augmente progressivement dans le sens de l'écoulement principal, pour atteindre un premier maximum au niveau des différents injecteurs 10a-10d.

**[0046]** Les courbes 2Va et 2Vb représentent l'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse respectivement le long de la canalisation d'entrée 7 et des différentes canalisations d'injection 9a-9d. Cette onde stationnaire de vitesse est associée à l'onde stationnaire de pression précédemment décrite. Au niveau de la pompe 5, l'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse est maximale. L'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse reste constante tout au long de la canalisation d'entrée 7. L'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse est donc maximale au niveau de l'entrée E du rail commun 8. De la même manière, sur la courbe 2Vb, l'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse est maximale au niveau des différentes sorties Sa-Sd du rail commun 8. Il s'agit d'un ventre de l'onde stationnaire de vitesse. L'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse diminue progressivement le long des canalisations d'injection 9a-9d pour s'annuler une première fois au niveau des injecteurs 10a-10d. Il s'agit alors d'un noeud de l'onde stationnaire de vitesse.

**[0047]** La figure 3 représente une onde stationnaire dont la fréquence correspond à la deuxième fréquence propre du système d'injection.

**[0048]** Les courbes 3Pa et 3Pb représentent l'amplitude de l'onde stationnaire de pression le long du système d'injection représenté schématiquement en abscisse. L'amplitude de l'onde stationnaire de pression est maximale au niveau de la pompe 5, puis diminue rapidement pour s'annuler une première fois en un point A situé au premier tiers de la canalisation d'entrée 7. L'amplitude repasse par un maximum en un point C situé au deuxième tiers de la canalisation d'entrée 7. Enfin, l'amplitude diminue pour s'annuler à nouveau au niveau de l'entrée E du rail commun 8. Sur la seconde courbe, 3Pb, l'amplitude de l'onde stationnaire de pression est nulle au niveau des sorties Sa-Sd du rail commun 8, puis augmente le long des canalisations d'injection 9a-9d, pour atteindre un premier maximum au niveau d'un point F situé au premier tiers desdites canalisations d'injection 9a-9d. Puis, dans le sens de l'écoulement principal, repéré par la flèche, l'amplitude de l'onde stationnaire de pression diminue progressivement pour s'annuler à nouveau au niveau d'un point G, situé au deuxième tiers desdites canalisations d'injection 9a-9d. Enfin, l'amplitude augmente de nouveau et est maximum au niveau des injecteurs 10a-10d.

**[0049]** De manière corrélée, les courbes 3Va et 3Vb représentent l'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse le long du système d'injection. Sur la courbe 3Va, l'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse commence par être maximale au niveau de la pompe 5, puis diminue rapidement pour s'annuler en un point B situé au milieu de la canalisation d'entrée 7. L'amplitude augmente ensuite et repasse par un maximum au niveau de l'entrée E du rail commun 8. Sur la seconde courbe 3Vb, l'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse est maximale à la sortie du rail commun 8, diminue le long des canalisations d'injection 9a-9b, pour s'annuler une première fois au niveau d'un point F, situé au premier tiers desdites canalisations d'injection 9a-9d. Puis, l'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse augmente progressivement pour passer à nouveau par un maximum en un point G situé au deuxième tiers desdites canalisations d'injection 9a-9d. Enfin, dans une dernière section, l'amplitude de l'onde stationnaire de vitesse diminue pour s'annuler à nouveau au niveau des différents injecteurs 10a-10d.

**[0050]** Il est à noter que cette description est faite avec des conditions aux limites particulières. Par exemple, il est manifeste que, sur les courbes précédentes, les vannes électro-hydrauliques des différents injecteurs 10a-10d sont fermées.

**[0051]** Il est également à noter que les courbes de vitesse et de pression sont des courbes approximativement sinusoïdales.

**[0052]** Enfin, les valeurs maximales des amplitudes, si elles sont identiques sur une même courbe, ne le sont pas d'une courbe à l'autre.

**[0053]** Nous allons maintenant décrire la manière d'atténuer les ondes hydrauliques perturbant le système d'injection

et en particulier les ondes hydrauliques stationnaires.

**[0054]** Dans le cadre d'une modélisation linéaire du phénomène et d'un parallèle avec les circuits électriques en régime sinusoïdal, il est possible d'atténuer ces ondes stationnaires en plaçant des éléments passifs en des points particuliers du système d'injection. Ces éléments passifs permettent de dissiper l'énergie de l'onde hydraulique. Comme cela sera décrit plus bas, le mode de réalisation préféré de la présente invention n'utilise que des éléments résistifs, placés en série, et des éléments capacitifs, placés eux aussi en série. D'autres éléments passifs, tels que des inductances pourraient être utilisées. En variante, les éléments utilisés pourraient être placés soit en série soit en parallèle. La notion d'impédance complexe regroupe ces différentes variantes dans un concept commun.

**[0055]** Un élément résistif est, par exemple, constitué par une section de canalisation de diamètre réduit. Un élément capacitif est, par exemple, constitué par un volume de dimension définie connecté par un élément résistif à un point de la canalisation principale.

**[0056]** Le système d'injection selon l'invention comporte des éléments résistifs placés en série à des endroits qui correspondent à des ventres de l'onde stationnaire de vitesse et des éléments capacitifs placés en série à des endroits qui correspondent à des ventres de l'onde stationnaire de pression. En suivant cette règle, il est possible de construire un système d'injection dans lequel les ondes hydrauliques de fréquence basse sont presque entièrement atténuées.

**[0057]** Mais, en contre partie, la pression de fonctionnement chute le long du système d'injection. Il est alors nécessaire de faire travailler la pompe de manière importante, afin que la pression de fonctionnement soit élevée au niveau des injecteurs. De plus, l'alimentation en carburant de l'injecteur peut être momentanément insuffisante.

**[0058]** Selon une première manière d'éviter ce problème de chute de pression le long du système d'injection, la présente invention utilise des éléments résistifs asymétriques, aussi dénommés diodes fluidiques. Une telle diode fluide placée sur un insert est représentée sur la figure 4.

**[0059]** La figure 4 représente un insert 50. Cet insert 50 est de forme globalement cylindrique autour d'un axe central X. L'insert 50 présente à chacune de ses extrémités axiales une face radiale avant 51 et une face radiale arrière 52. La face radiale arrière 52 est percée d'un alésage 53 de diamètre D'. L'arête définie par la surface intérieure 56 de l'alésage 53 et la face radiale arrière 52 est chanfreinée et produit la surface 54. Ainsi, l'insert 50 présente une section transversale selon l'axe X en forme de U dont la paroi du fond 55 est munie d'un orifice 27. L'orifice 27 comporte une partie aval 29 cylindrique de diamètre réduit d bien inférieur au diamètre D'. L'orifice 27 comporte une partie amont 28 en forme d'entonnoir, dont l'ouverture de plus grand diamètre est orientée en direction de l'amont de l'écoulement de carburant.

**[0060]** La partie amont 28 ne comporte aucune arête vive sur lesquelles la couche limite de l'écoulement pourrait se détacher comme cela est montré sur la figure 4A. La partie amont 28 permet de faire varier la section de l'écoulement lentement et continûment par rapport aux caractéristiques de l'écoulement lui-même. Ainsi les dimensions caractéristiques de la partie amont 28 de l'orifice 27, comme par exemple le rayon de l'arrondi 30, sont supérieurs ou égales à une dimension caractéristique de l'orifice 27, à savoir d.

**[0061]** Ainsi, la section de l'écoulement se resserrant progressivement, l'atténuation de la pression dans le sens de l'écoulement est faible. En revanche, la section de l'écoulement se resserrant brusquement, l'atténuation de la pression à contre-courant est importante. Un tel orifice dissymétrique présente une perte de charge jusqu'à 1, 5 fois plus élevée dans le sens "aval vers amont" que dans le sens "amont vers aval".

**[0062]** De tels inserts peuvent être ajoutés au niveau de la canalisation d'entrée 7 ou au niveau des différentes canalisations d'injection 9a-9d comme élément résistif afin d'atténuer les ondes de pression, et en particulier les ondes stationnaires de pression, sans pour autant gêner l'écoulement principal de carburant.

**[0063]** Une autre manière d'éviter le problème de la chute de pression le long du système d'injection, consiste, dans un premier temps, à ne pas surcharger le système d'injection d'éléments résistifs et d'accepter des variations de pression résiduelles au niveau de l'injecteur. Il s'agit en fait de trouver un compromis acceptable entre une chute de la pression de fonctionnement le long du système d'injection et l'atténuation des ondes stationnaires de fréquence basse. Dans un second temps, les variations de pression résiduelles au niveau de l'injecteur sont prises en compte au moyen d'un dispositif programmé afin de n'injecter dans le cylindre du moteur que la quantité de carburant souhaitée. C'est cette seconde approche qui va maintenant être décrite en détails en rapport avec le mode de réalisation préféré de la présente invention.

**[0064]** Dans le but d'atténuer les ondes hydrauliques dont la fréquence correspond à la première et à la deuxième fréquence propre dudit système d'injection (figure 2 et figure 3), sans pour autant engendrer une chute de la pression de fonctionnement inacceptable le long du système d'injection, le système d'injection est équipé d'une succession d'éléments résistifs symétriques et capacitifs. Cette succession va maintenant être décrite en rapport avec la figure 5.

**[0065]** La direction principale de l'écoulement du carburant est indiquée par une flèche, afin de donner un sens aux notions d'amont et d'aval.

**[0066]** La canalisation d'entrée 7 est équipée au niveau de son extrémité amont d'un élément capacitif 73 en série avec un élément résistif 71, et au niveau de son extrémité aval d'un élément résistif 72. Les canalisations d'injection 9a-9d sont respectivement équipées, au niveau de leur extrémité amont, d'un élément résistif 91a-91d, au niveau d'un

point F situé au deuxième tiers de leur longueur d'un élément résistif 92a-92d, et au niveau de leur extrémité aval d'un élément capacitif 93a-93d. De manière équivalente, l'élément résistif 72 et les éléments résistifs 91a-91d peuvent être situés dans le rail commun respectivement au niveau de l'entrée E et des sorties Sa-Sd. De même, les éléments capacitifs 93a-93d peuvent être situés dans les injecteurs eux-mêmes, au plus proche des vannes électro-hydrauliques.

**[0067]** Cette disposition particulière est le résultat de nombreuses simulations numériques. Ces dernières ont permis de trouver le meilleur compromis entre chute de pression de fonctionnement et atténuation des ondes de pression. La disposition de la figure 5 permet une atténuation importante des ondes de pression générées par la pompe 5 et des ondes de pression générées par les autres injecteurs au niveau d'un injecteur donné. Il ne subsiste alors que des variations temporelles atténuées de pression qui correspondent à l'actionnement du même injecteur à un instant antérieur du cycle moteur, lors d'une injection précédente.

**[0068]** Dans le cadre d'un moteur multi-injections, cet actionnement antérieur de l'injecteur peut correspondre à une première injection, ou injection pilote, au cours de laquelle la quantité de carburant introduite dans le cylindre est faible. La tendance actuelle est d'augmenter le nombre d'injections par cylindre au cours d'un cycle moteur. Par exemple, cinq injections successives peuvent être réalisées.

**[0069]** Soit  $Q_1$  la quantité de carburant introduite dans le cylindre à un instant antérieur, soit  $Q_2$  la quantité de carburant qu'il est nécessaire d'introduire dans le cylindre à l'instant considéré; et soit  $s$  la séparation temporelle entre ces deux injections successives.

**[0070]** A chaque nouvelle injection, le contrôleur moteur évalue la quantité de carburant  $Q_2$  désirée en fonction, entre autre, de l'instant du cycle moteur où doit avoir lieu la deuxième injection et de la puissance que le moteur doit fournir.

**[0071]** Puis, le contrôleur moteur calcule la durée d'ouverture de la vanne électro-hydraulique équipant l'injecteur permettant d'introduire la quantité de carburant  $Q_2$  en tenant compte, non pas de la pression  $P_{\text{rail}}$  mesurée par le capteur de pression 24 au niveau du rail commun 8, mais en évaluant une pression corrigée  $P_{\text{inj}}^{\text{th}}$  au niveau de l'injecteur. Le calcul de cette pression corrigée ou théorique va permettre d'évaluer les variations résiduelles de pression au niveau de l'injecteur.

**[0072]** La pression corrigée  $P_{\text{inj}}^{\text{th}}$  est obtenue en ajoutant à la pression  $P_{\text{rail}}$  la somme, sur l'ensemble des fréquences propres  $f_i$  considérées, d'une estimation des variations résiduelles de pression dues à une onde de pression de fréquence propre donnée.

**[0073]** L'estimation des variations résiduelles de pression dues à une onde de pression de fréquence propre donnée est obtenue en multipliant une fonction périodique  $g$  par une fonction d'amortissement  $h$ . Ladite fonction périodique  $g$  dépend, par exemple, des quantités de carburant  $Q_1$  et  $Q_2$ , de la séparation temporelle  $s$  entre chacune des deux injections, et de paramètres thermodynamiques tels que la pression  $P_{\text{rail}}$  et la température du carburant  $T$ . La fonction périodique  $g$  est typiquement une fonction sinusoïdale de la séparation temporelle  $s$ .

**[0074]** Ladite fonction d'amortissement  $h$  est par exemple fonction des quantités de carburant  $Q_1$  et  $Q_2$ , de la séparation temporelle  $s$  entre chacune des deux injections, et de la pression de fonctionnement mesurée par le capteur de pression dans le rail commun et de la température du carburant  $T$ .

**[0075]** Sous forme mathématique cela donne la relation suivante :

$$P_{\text{inj}}^{\text{th}} = P_{\text{rail}} + \sum_i g_{fi}(Q_1, Q_2, S, P_{\text{rail}}, T) \times h_{fi}(Q_1, Q_2, S, P_{\text{rail}}, T)$$

**[0076]** Au cours du fonctionnement, le contrôleur moteur 20 (figure 1) ne recalcule pas obligatoirement la valeur de la fonction périodique  $g$  ou de la fonction d'amortissement  $h$  en fonction des valeurs que prennent les différents paramètres du modèle. Le contrôleur moteur utilise plutôt des cartographies ou un abaque, qui, en fonction de la valeur des différents paramètres en entrée, donne la valeur de la fonction périodique  $g$  ou de la fonction d'amortissement  $h$  en sortie.

**[0077]** Une telle cartographie est obtenue à partir d'un véhicule test d'une gamme de véhicule. Ce véhicule test subit différents essais, et les courbes correspondant aux fonctions périodiques  $g$  et d'amortissement  $h$  sont relevées. Par la suite, au cours de la fabrication d'un véhicule particulier de ladite gamme de véhicule, ces courbes sont enregistrées dans des moyens de mémorisation faisant partie du contrôleur moteur 20 pour constituer ladite cartographie.

**[0078]** En se référant à la figure 6, la courbe 6b représente la quantité de carburant réellement injecté dans le cylindre dans le cas où le système d'injection représenté sur la figure 5 n'est pas équipé d'un système logiciel permettant de tenir compte des fluctuations résiduelles de pression. Le contrôleur moteur ne tenant alors compte que de la pression  $P_{\text{rail}}$  relevée au niveau du rail commun 8 par le capteur de pression 24. La mesure de la pression  $P_{\text{rail}}$  relevée étant sensiblement constante en fonction de la séparation  $s$ , la durée d'ouverture de la vanne électro-hydraulique commandée par le contrôleur moteur afin d'injecter une quantité de carburant  $Q_2$  l'est également. Mais, puisque la pression réelle au niveau de l'injecteur fluctue en fonction du temps, le débit au niveau de l'injecteur fluctue également. La

quantité réellement introduite varie en suivant directement les variations de pression au niveau de l'injecteur.

[0079] En revanche, la courbe 6c représente la quantité de carburant réellement injecté dans le cylindre dans le cas où le système d'injection représenté sur la figure 5 est équipé d'un système logiciel permettant de tenir compte des fluctuations résiduelles de pression. Dans ce cas, le contrôleur moteur calcule une pression corrigée  $P_{inj}^{th}$  au niveau de l'injecteur. La courbe 6a représente cette pression corrigée. Le contrôleur moteur modifie en conséquence la durée d'ouverture de la vanne électro-hydraulique pour compenser la variation de pression. Si la pression est sensée augmenter à l'instant de la seconde injection, la durée d'ouverture de la vanne sera plus faible. Au contraire, si la pression est sensée diminuer à l'instant de l'injection, la durée d'ouverture sera légèrement augmentée. Finalement, la quantité de carburant réellement injectée dans le cylindre fluctue moins et se rapproche de la quantité de carburant  $Q_2$  désirée, ce qu'indique clairement la courbe 6c.

[0080] Le système logiciel permet donc de compenser les fluctuations résiduelles de pression.

[0081] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec un mode de réalisation particulier, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

## Revendications

1. Système d'injection de carburant haute pression comportant une pompe (5), un rail commun (8) et une pluralité d'injecteurs (10a-10d), ainsi qu'une canalisation d'entrée (7) reliant la pompe audit rail commun et une pluralité de canalisations d'injection (9a-9d) reliant respectivement ledit rail commun à chacun des injecteurs de ladite pluralité d'injecteurs, comportant un calculateur programmé (20) apte à mesurer une pression dans le rail commun au moyen d'un capteur de pression (24) placé dans le rail commun et apte à actionner séparément chacun desdits injecteurs, et comportant des moyens d'atténuation qui sont aptes à atténuer des ondes hydrauliques et en particulier des ondes stationnaires de pression ou de vitesse, et qui sont constitués par des éléments résistifs (71-72, 91-92) et des éléments capacitifs (73, 93), **caractérisé en ce que** lesdits éléments résistifs (71-72, 91-92) sont placés à des endroits qui correspondent à un ventre de l'une des ondes stationnaires de vitesse et **en ce que** lesdits éléments capacitifs (73, 93) sont placés à des endroits qui correspondent à un ventre de l'une des ondes stationnaires de pression.
2. Système d'injection selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** certains desdits éléments résistifs (71-72, 91-92) sont des éléments résistifs asymétriques (50).
3. Système d'injection selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** lesdits moyens d'atténuation permettent d'atténuer les ondes hydrauliques dont la fréquence correspond à une première fréquence de résonance dudit système d'injection qui est la fréquence propre la plus basse.
4. Système d'injection selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** lesdits moyens d'atténuation permettent, en outre, d'atténuer les ondes hydrauliques dont la fréquence correspond à une seconde fréquence de résonance dudit système d'injection qui est la fréquence propre juste supérieure à la fréquence propre la plus basse.
5. Système d'injection selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** certains desdits éléments résistifs (71-72) et capacitifs (73) sont placés aux extrémités de ladite canalisation d'entrée (7).
6. Système d'injection selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'extrémité amont de la canalisation d'entrée (7) comporte un élément résistif (71) en série avec un élément capacitif (73), et que l'extrémité aval de la canalisation d'entrée comporte un élément résistif (72).
7. Système d'injection selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** certains desdits éléments résistifs (91a-d) et capacitifs (93a-d) sont placés aux extrémités de chacune desdites canalisations d'injection (9a-d).
8. Système d'injection selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'extrémité amont de chacune des canalisations d'injection (9a-d) comporte un élément résistif (91a-d), et **en ce que** l'extrémité aval de chacune des canalisations d'injection comporte un élément résistif en série avec un élément capacitif (93a-d).
9. Système d'injection selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** chacune des canalisations d'injection (9a-d) comporte, en outre, un élément résistif (92a-d) placé au deuxième tiers desdites canalisations d'injection orientées dans le sens de l'écoulement du carburant de l'amont vers l'aval.



10. Système d'injection selon les revendications 6 et 9 en combinaison.

11. Système d'injection selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** ledit calculateur programmé (20) calcule une pression corrigée  $P_{inj}^{th}$  (6a) au niveau de l'injecteur et actionne chacun desdits injecteurs (10a-10d) en fonction de ladite pression corrigée afin d'injecter une quantité de carburant (6c) proche d'une quantité  $Q_2$  souhaitée.

12. Système d'injection selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ladite pression corrigée  $P_{inj}^{th}$  est fonction d'une pression  $P_{rail}$  dans le rail commun (8), d'une température  $T$  du carburant, d'une quantité de carburant  $Q_1$  injectée par le même injecteur lors d'une injection précédente, de ladite quantité de carburant  $Q_2$  souhaitée lors d'une injection actuelle, et d'une séparation temporelle  $s$  entre ladite injection précédente et ladite injection actuelle.

13. Système d'injection selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** ladite pression corrigée  $P_{inj}^{th}$  est obtenue par la relation suivante :

$$P_{inj}^{th} = P_{rail} + \sum_i g_{fi}(Q_1, Q_2, S, P_{rail}, T) \times h_{fi}(Q_1, Q_2, S, P_{rail}, T)$$

où l'on somme sur différentes fréquences propres  $f_i$ , où  $g$  est une fonction périodique selon la séparation  $s$ , et où  $h$  est une fonction d'atténuation selon la séparation temporelle  $s$ .

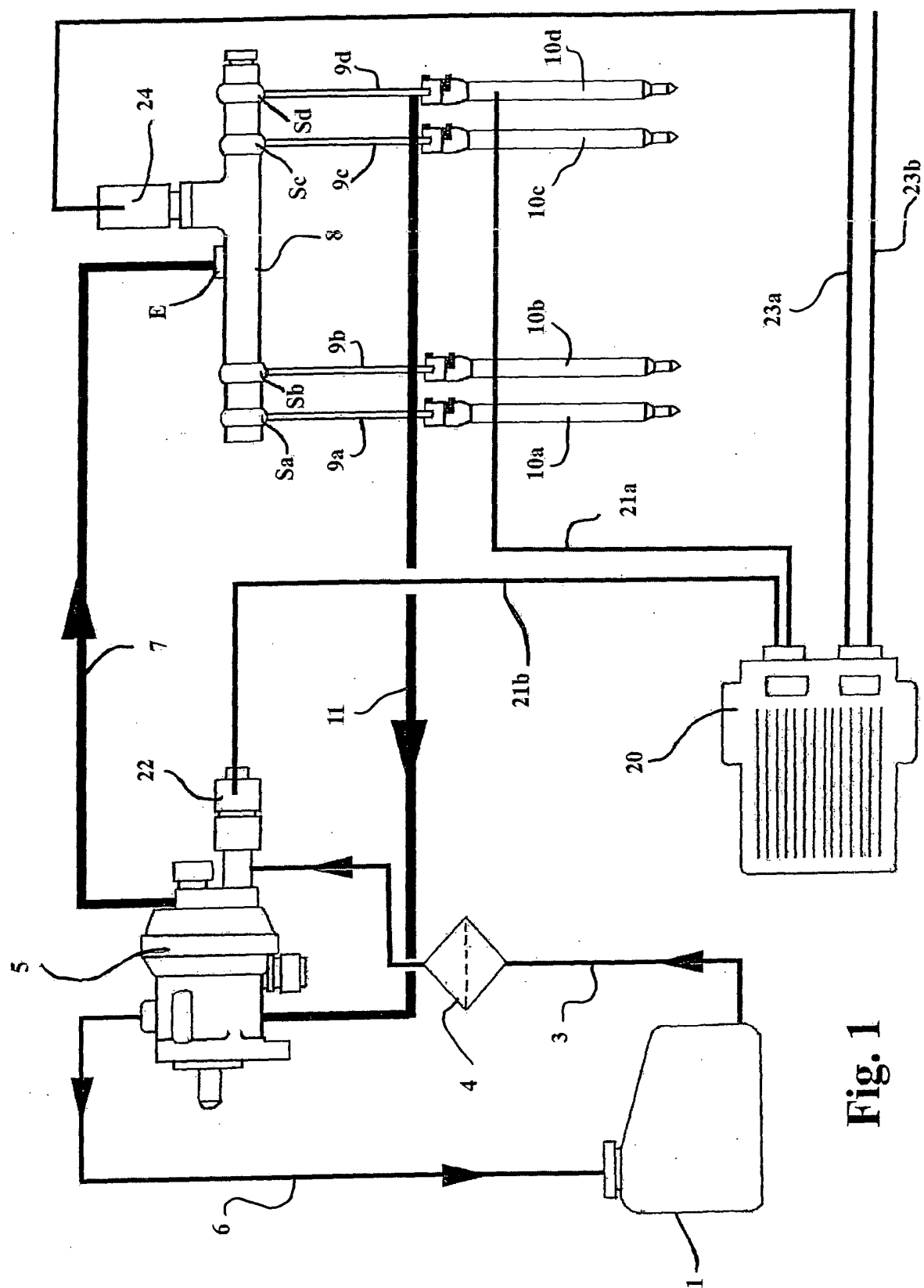


Fig. 1

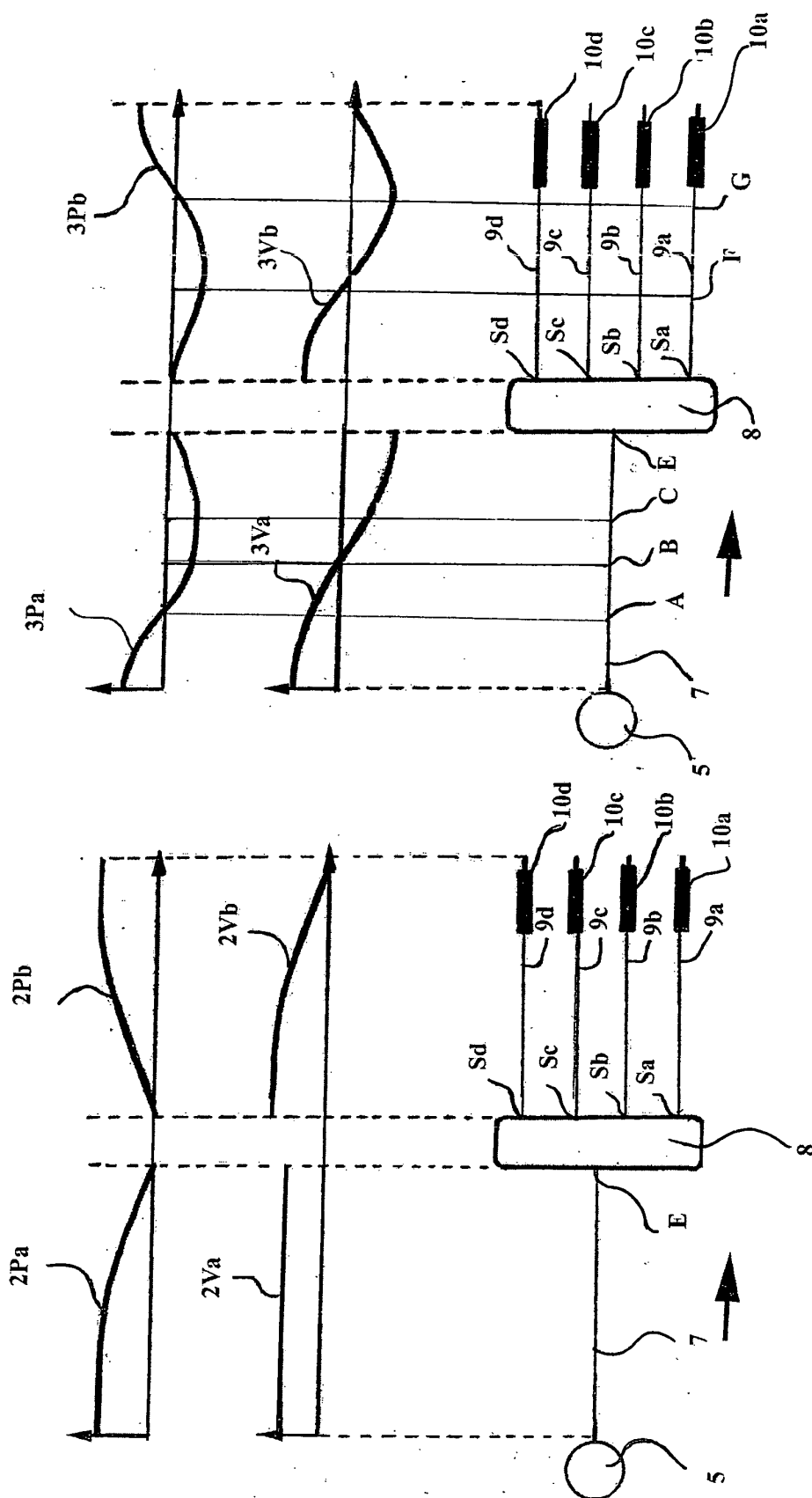


Fig. 2

Fig. 3

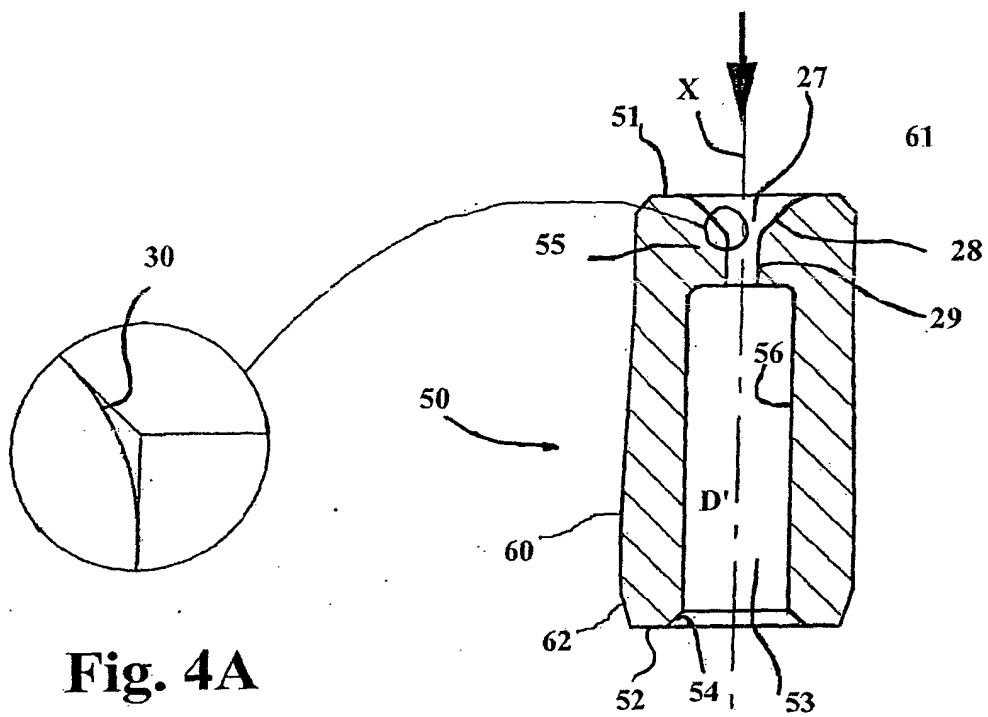


Fig. 4A

Fig. 4

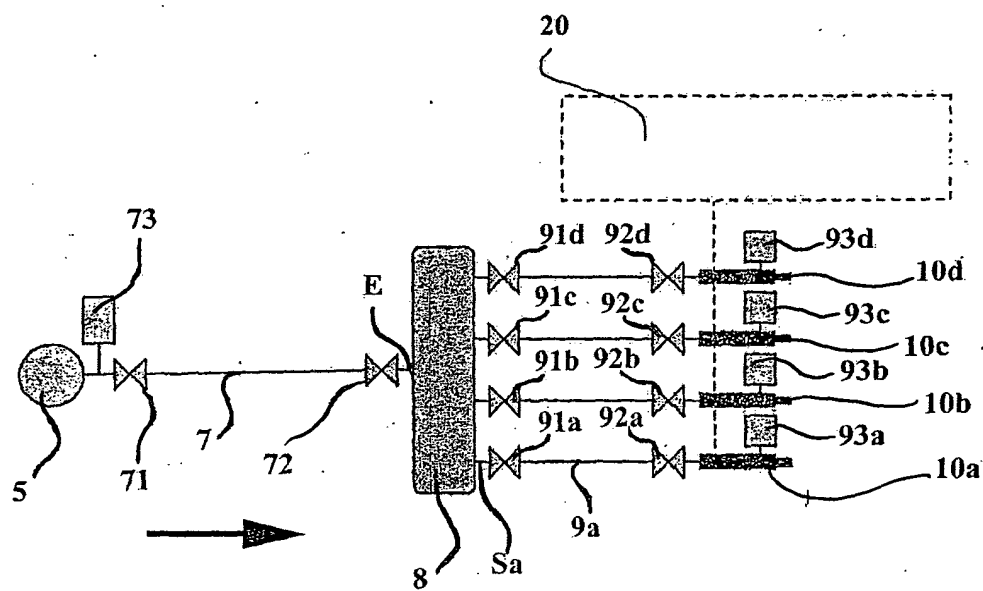


Fig. 5

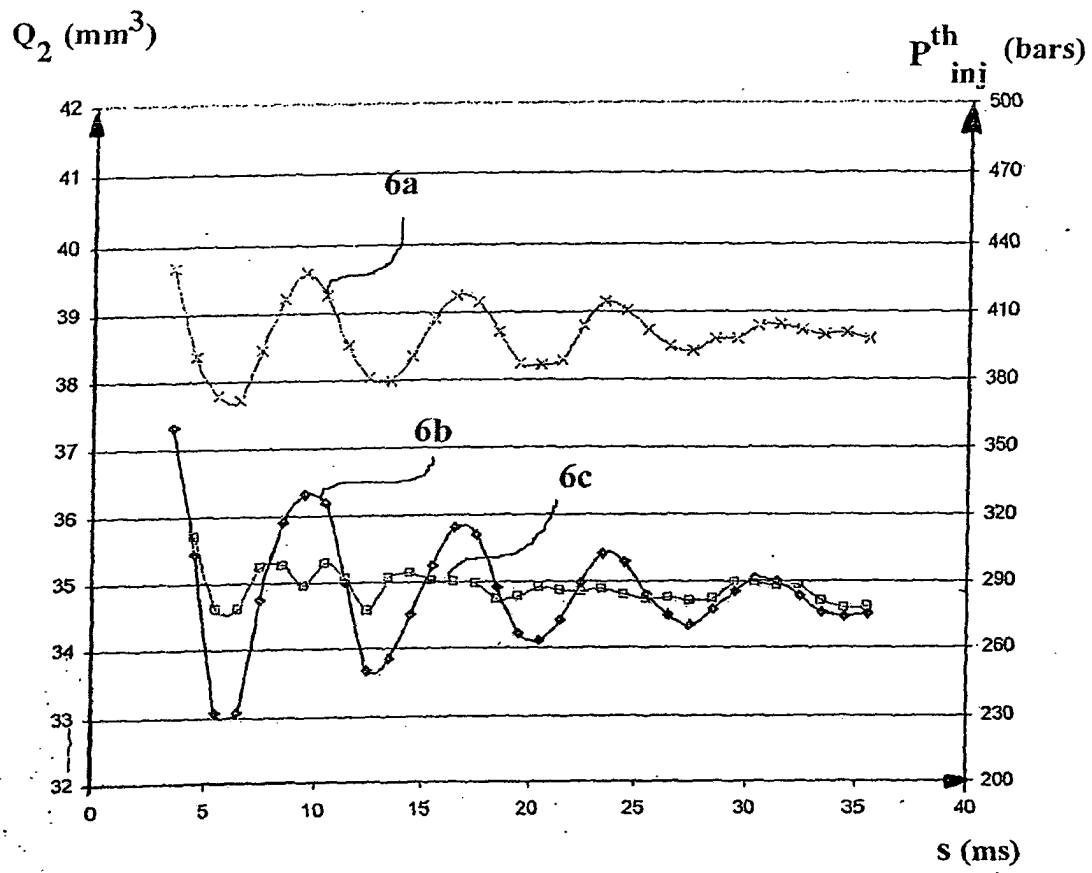


Fig. 6



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 03 29 2276

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 05, 31 mai 1996 (1996-05-31) & JP 08 021333 A (NIPPONDENSO CO LTD), 23 janvier 1996 (1996-01-23) * alinéa '0003! - alinéa '0038!; figures 1,5 *	1,2,5-10	F02M63/02 F02M55/04
A	EP 0 780 569 A (NIPPON SOKEN) 25 juin 1997 (1997-06-25) * alinéa '0009! - alinéa '0068!; figures 1-11 *	1,2,5,7, 8	
A	EP 0 995 902 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ;NIPPON SOKEN (JP)) 26 avril 2000 (2000-04-26) * alinéa '0110! - alinéa '0214!; figures 13-15 *	1,3,4	
A	WO 02 01064 A (BOSCH AUTOMOTIVE SYSTEMS CORP ;ISHIMOTO MASAYORI (JP); RYUZAKI KOT) 3 janvier 2002 (2002-01-03) * alinéa '0002! - alinéa '0031!; figures 1,3 *	1,2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7) F02M
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>16 décembre 2003</b>	Examineur <b>Nobre, S</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 03 29 2276

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

16-12-2003

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 08021333 A	23-01-1996	JP 3395371 B2	14-04-2003
EP 0780569 A	25-06-1997	JP 9170514 A	30-06-1997
		JP 10122073 A	12-05-1998
		DE 69619949 D1	25-04-2002
		DE 69619949 T2	14-11-2002
		EP 0780569 A1	25-06-1997
		US 5752486 A	19-05-1998
EP 0995902 A	26-04-2000	JP 2000192872 A	11-07-2000
		EP 0995902 A2	26-04-2000
		US 6401691 B1	11-06-2002
WO 0201064 A	03-01-2002	JP 2002013453 A	18-01-2002
		WO 0201064 A1	03-01-2002

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82