

(19)



(11)

EP 2 042 222 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

01.04.2009 Bulletin 2009/14

(51) Int Cl.:

B01D 35/143 (2006.01)**F02D 41/22** (2006.01)**F02D 41/38** (2006.01)**F02M 37/22** (2006.01)(21) Numéro de dépôt: **08305599.6**(22) Date de dépôt: **26.09.2008**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Etats d'extension désignés:

AL BA MK RS(30) Priorité: **27.09.2007 FR 0757893**(71) Demandeur: **Renault S.A.S.****92100 Boulogne-Billancourt (FR)**

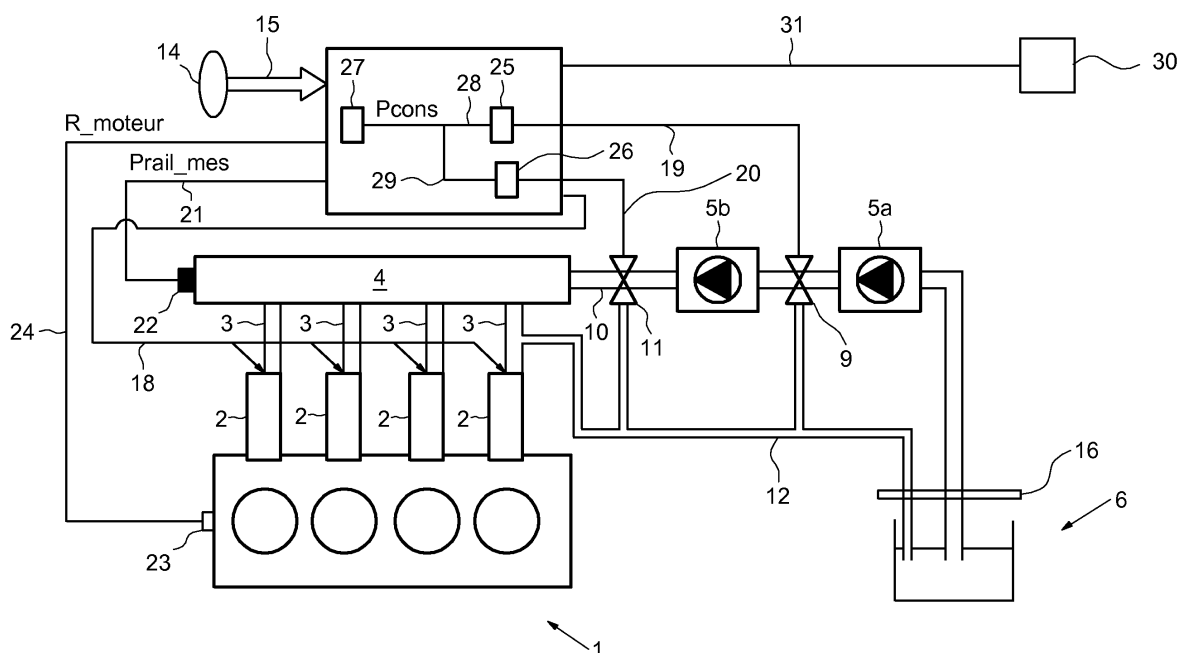
(72) Inventeurs:

• **Carre, Bertrand****75001 Paris (FR)**• **Roth, Richard****92000 Nanterre (FR)**• **Ponsonaille, Olivier****91400 Orsay (FR)**

(54) **Dispositif et procédé de détection de l'encrassement d'un filtre à carburant d'un système d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne**

(57) Le dispositif permet la détection de l'encrassement d'un filtre à carburant (16) d'un système d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne (1), notamment de véhicule automobile. Le système d'alimentation en carburant comprend un ensemble de pompage, une première vanne commandée (9) de régulation du débit de carburant alimentant une pompe à haute pression (5b), des moyens de détermination (27) d'une pression de consigne dans la rampe d'injection (4), et

des moyens de régulation (25) de ladite première vanne commandée (9) comprenant des composantes Proportionnelle Intégrale et Dérivée et une boucle de rétroaction pour asservir la pression mesurée par un capteur (22) sur ladite pression de consigne, le filtre à carburant (16) étant disposé entre un réservoir de carburant (6) et l'ensemble de pompage (5a,5b). Le dispositif comprend des moyens de détermination (25a) de l'encrassement du filtre à carburant (16) à partir de ladite composante Intégrale desdits moyens de régulation (25).

**FIG.1**

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif et un procédé de détection de l'encrassement d'un filtre à carburant d'un système d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne, notamment de véhicule automobile. Plus précisément, l'invention concerne les systèmes d'injection directe ou indirecte à haute pression, par exemple de type Diesel.

[0002] Classiquement, s'il existe un écart entre la pression souhaitée et la pression effectivement mesurée dans la rampe d'injection commune du moteur, les actuateurs, également appelés vannes de régulation, sont commandés de façon que la pression mesurée tende vers la pression souhaitée.

[0003] Les systèmes d'alimentation en carburant sont conçus de manière à atteindre des pressions d'injection de plus en plus élevées, par exemple supérieures à 1600 bars. De tels systèmes d'alimentation en carburant nécessitent d'utiliser un carburant de grande pureté. Aussi, il est connu de filtrer le carburant en disposant un filtre à carburant sur le circuit à basse pression, entre le réservoir de carburant et l'ensemble de pompage.

[0004] Au cours du temps, le fonctionnement du filtre entraîne un encrassement ou colmatage de celui-ci. L'encrassement du filtre à carburant peut perturber le bon fonctionnement du système d'alimentation en carburant du moteur, notamment en occasionnant une perte de charge en entrée de l'ensemble de pompage. Le colmatage du filtre à carburant peut même interrompre l'alimentation en carburant du moteur et l'amener à caler.

[0005] Aussi, les constructeurs d'automobiles préconisent le changement du filtre à carburant lorsque celui-ci a participé à un seuil kilométrique de roulage du véhicule. Cette solution est onéreuse, car le filtre à carburant sera souvent changé trop précocement.

[0006] Il existe des systèmes, tels que décrits dans la demande de brevet internationale WO 2005/098227 (UFI FILTERS) qui utilisent des capteurs de pression permettant de mesurer directement la perte de charge aux bornes du filtre à carburant, et d'en déduire directement le degré d'encrassement du filtre à carburant. Toutefois, l'utilisation de capteurs de pression aux bornes du filtre à carburant a un coût élevé.

[0007] La demande de brevet français FR 2 787 143 (Magneti Marelli France) divulgue un procédé et un système pour la détection de l'encrassement d'un filtre à carburant disposé, dans un circuit d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne, entre, d'une part, un régulateur de pression de carburant, en aval du filtre, et du type fonctionnant en dérivation, délivrant du carburant à une pression imposée vers l'amont et vers le moteur à combustion interne, et, d'autre part, une pompe de refoulement de carburant provenant d'un réservoir, la pompe étant entraînée par un moteur électrique et disposée en amont de ce filtre pour alimenter le régulateur au travers du filtre. Ce document divulgue une régulation en pression à partir de la différence entre les pressions d'entrée et de sortie du filtre à carburant. Cette différence de pression peut être mesurée par des capteurs, ou estimée.

[0008] La solution consistant à utiliser des capteurs de pression en entrée et en sortie du filtre étant onéreuse, le document présente un procédé qui permet, d'une part, d'estimer la pression en entrée du filtre, ou en sortie pompe, à partir au moins de la vitesse de rotation instantanée de la pompe et du courant moyen d'alimentation du moteur électrique d'entraînement de la pompe, et d'autre part, d'assimiler la pression de carburant en sortie du filtre comme étant la pression imposée par le régulateur de pression.

[0009] Un tel système nécessite obligatoirement un moteur électrique d'entraînement de la pompe, et un moyen d'estimation du courant d'alimentation dudit moteur électrique, ce qui est coûteux.

[0010] L'estimation de la pression en sortie de la pompe à partir de la vitesse de rotation instantanée de la pompe et du courant moyen d'alimentation du moteur électrique d'entraînement de la pompe se fait en boucle ouverte à travers un modèle de fonctionnement de la pompe, ce qui génère un manque de précision notamment à cause des dispersions de fabrication et des dérives au cours du temps de l'ensemble de pompage et du moteur électrique.

[0011] L'état thermique de la pompe doit nécessairement être pris en compte dans le modèle de fonctionnement de la pompe pour obtenir une estimation améliorée en boucle ouverte de la pression en sortie de la pompe. Toutefois une telle estimation est coûteuse, car elle nécessite soit l'utilisation d'un capteur pour mesurer la température de la pompe, soit l'utilisation d'un modèle thermique de la pompe, sachant qu'un modèle thermique pompe n'est pas forcément facile à calibrer et peut se révéler également imprécis.

[0012] Comme pour la détermination de la pression en entrée du filtre (ou en sortie pompe), la détermination de la pression en sortie du filtre assimilée à la pression imposée par le régulateur de pression se fait en boucle ouverte.

[0013] En effet, quelle que soit la demande en carburant du moteur, l'estimation de la pression en sortie du filtre repose sur les courbes caractéristiques (notamment débit-pression) connues du régulateur et mémorisées dans l'unité de commande électronique du moteur. Aussi, cela peut générer un manque de précision sur l'estimation réelle de la pression en sortie du filtre, puisque les dispersions de fabrication et/ou les dérives du régulateur ne sont pas corrigées.

[0014] Enfin, une régulation en pression basée sur un régulateur de pression fonctionnant en dérivation en aval de la pompe, présente généralement un rendement énergétique moins bon qu'une régulation en pression basée sur un régulateur de débit de carburant placé en amont de la pompe à haute pression. En effet, avec un fonctionnement en dérivation où le carburant en excès est retourné vers le réservoir par le régulateur de pression, on comprime plus de carburant que nécessaire.

[0015] La présente invention vise à apporter une solution à ces problèmes.

[0016] Un but de l'invention est donc de proposer un dispositif de détection de l'encrassement d'un filtre à carburant d'un système d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne permettant, à coût réduit, de déterminer, avec une précision améliorée, un encrassement ou colmatage du filtre à carburant nécessitant le changement de ce dernier.

[0017] A cet effet, un premier aspect de l'invention a pour objet un dispositif de détection de l'encrassement d'un filtre à carburant d'un système d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne, notamment de véhicule automobile. Le système d'alimentation en carburant comprend un ensemble de pompage, comprenant une première pompe à basse pression et une deuxième pompe à haute pression disposées en série, et étant disposées entre une rampe d'injection de carburant munie d'un capteur de pression et un réservoir de carburant. Le système d'alimentation en carburant comprend, en outre, une première vanne commandée de régulation du débit de carburant alimentant la pompe à haute pression, des moyens de détermination d'une pression de consigne dans la rampe d'injection, et des moyens de régulation de ladite première vanne commandée. Les moyens de régulation de ladite première vanne commandée comprennent des composantes Proportionnelle Intégrale et Dérivée et une boucle de rétroaction pour asservir la pression mesurée par le capteur sur ladite pression de consigne. Le filtre à carburant est disposé entre le réservoir de carburant et l'ensemble de pompage. Le dispositif comprend des moyens de détermination de l'encrassement du filtre à carburant à partir de ladite composante Intégrale desdits moyens de régulation.

[0018] En évitant l'utilisation de capteurs de pression aux bornes du filtre à carburant, on peut ainsi détecter, à coût réduit, un encrassement du filtre à carburant.

[0019] Dans un mode de réalisation, lesdits moyens de détermination sont adaptés pour évaluer la composante Intégrale des moyens de régulation pour des phases de fonctionnement stabilisées.

[0020] Dans un mode de réalisation, lesdits moyens de détermination sont adaptés pour effectuer ladite évaluation de manière cyclique, un cycle correspondant, par exemple, à la consommation d'une quantité de carburant de seuil ou au parcours d'une distance de seuil par le véhicule.

[0021] Il est ainsi tenu compte de la rapidité du phénomène d'encrassement du filtre à carburant par rapport à l'usure ou vieillissement de tout autre composant du système d'alimentation en carburant.

[0022] Dans un mode de réalisation, les moyens de détermination sont adaptés pour détecter un encrassement du filtre à carburant lorsqu'un ensemble de valeurs moyennes de ladite composante intégrale, dépendant de la vitesse de rotation et du débit délivré par la première pompe, au cycle d'observation courant k, sont supérieures à des seuils maximum respectifs dépendants de la vitesse de rotation et du débit délivré par la première pompe, le cycle d'observation courant k étant supérieur ou égal à un nombre de cycles de référence n_{ref} augmenté au moins de deux.

[0023] Dans un mode de réalisation, les moyens de détermination sont adaptés pour utiliser des moyennes arithmétiques ou glissantes.

[0024] L'utilisation d'une moyenne glissante permet de minimiser la quantité de données à mémoriser. Une moyenne glissante est calculée à partir de la moyenne des valeurs précédentes, et de la dernière valeur calculée par la formule suivante :

$$\bar{x}_n = \frac{(n-1) \bar{x}_{n-1} + x_n}{n}$$

dans laquelle

$\bar{x}_n$ est la moyenne des n dernières valeurs,

$\bar{x}_{n-1}$ est la moyenne des n-1 dernières valeurs, et

x_n est la dernière valeur calculée.

[0025] Dans un mode de réalisation, les moyens de détermination sont adaptés pour détecter un encrassement du filtre à carburant lorsqu'en outre, les différences entre lesdites valeurs moyennes de ladite composante Intégrale, au cycle d'observation courant k, et des valeurs correspondantes, pour le cycle de référence n_{ref} , dépendant de la vitesse de rotation et du débit délivré par la première pompe, sont supérieures aux différences correspondantes pour le cycle précédent k-1 ou le cycle antépénultième k-2.

[0026] Dans un mode de réalisation, les moyens de détermination sont adaptés pour détecter un encrassement du filtre à carburant lorsqu'en outre, des différences, entre des premières différences entre des valeurs moyennes de ladite composante Intégrale pour un débit maximum délivré par la première pompe, au cycle courant k, et les valeurs correspondantes, au cycle de référence n_{ref} , et des deuxièmes différences entre des valeurs moyennes de ladite composante Intégrale pour un débit minimum délivré par la première pompe, au cycle courant k, et les valeurs correspondantes, au cycle de référence n_{ref} , sont supérieures aux différences correspondantes pour le cycle précédent k-1 ou le cycle antépénultième k-2.

[0027] Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend, en outre, des moyens d'alerte pour alerter le conducteur de la détection d'un encrassement du filtre à carburant par les moyens de détermination.

[0028] Ces moyens d'alerte comprennent, par exemple, un élément visuel tel un voyant lumineux, ou une alarme sonore.

[0029] Dans un mode de réalisation, les moyens de détermination sont adaptés pour détecter une phase de fonctionnement stabilisée lorsque, durant un intervalle de temps supérieur à un intervalle de temps de seuil, la température du carburant est comprise entre une température minimale et une température maximale, la variation de la pression mesurée dans la rampe d'injection est inférieure à un seuil de pression, la variation de la vitesse de rotation du moteur est inférieure à un seuil de vitesse de rotation, et la variation du débit de carburant délivré par la première pompe est inférieure à un seuil de débit.

[0030] Selon un autre aspect de l'invention, il est également proposé un procédé de détection de l'encrassement d'un filtre à carburant d'un système d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne, notamment de véhicule automobile, dans lequel on régule, par régulation Proportionnelle Intégrale et Dérivée, le débit de carburant alimentant la pompe à haute pression d'un ensemble de pompage comprenant une première pompe à basse pression et une deuxième pompe à haute pression disposées en série. On détermine l'encrassement du filtre à carburant à partir de la composante intégrale de ladite régulation du débit de carburant alimentant la pompe à haute pression.

[0031] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple nullement limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un mode de réalisation d'un système selon un aspect de l'invention ;
- la figure 2 représente une caractéristique dite croissante du débit en fonction de la commande d'un actuateur de débit ;
- la figure 3 représente une caractéristique dite décroissante du débit en fonction de la commande d'un actuateur de débit ;
- la figure 4 illustre la boucle de régulation choisie en fonction du point de fonctionnement du moteur ;
- la figure 5, représente un mode de réalisation du régulateur PID en structure parallèle ;
- la figure 6, illustre les composantes Proportionnelle, Intégrale et Dérivée, en fonction des phases de fonctionnement ;
- la figure 7, illustre la variation de la perte de charge aux bornes du filtre à carburant en fonction du débit de carburant, au cours du temps ;
- la figure 8 représente la perte de charge aux bornes du filtre à carburant en fonction du débit instantané à différents kilométrages du véhicule,
- les figures 9 et 10 illustrent un exemple de fonctionnement du procédé selon un mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 11 représente un exemple de réalisation de l'invention comprenant une cartographie à deux dimensions.

[0032] Sur la figure 1, est représenté schématiquement un moteur Diesel à combustion interne référence 1, alimenté en carburant par un système d'alimentation en carburant. L'invention peut également s'appliquer d'autres types de moteurs à injection directe ou indirecte de carburant à haute pression. Dans cet exemple, le moteur 1 comprend quatre cylindres, et le système d'alimentation en carburant comprend quatre injecteurs références 2, reliés chacun par un conduit à haute pression 3 à la rampe d'injection commune 4, dénommée également "rail d'injection", et qui constitue un accumulateur à haute pression pour le carburant à injecter.

[0033] Le système d'alimentation en carburant comprend une pompe de gavage 5a à basse pression qui puise le carburant dans le réservoir 6 du véhicule par l'intermédiaire d'un circuit à basse pression 7. La pompe 5a, associée à un régulateur de pression mécanique, non représenté sur la figure 1, a pour fonction de stabiliser la pression à l'entrée d'une pompe 5b à haute pression. Les deux pompes 5a et 5b constituent ce que l'on appellera dans la suite de la description l'ensemble de pompage 5a, 5b. La pompe de gavage à basse pression 5a peut être entraînée mécaniquement en étant intégrée à la pompe à haute pression 5b, elle-même entraînée mécaniquement par le moteur 1.

[0034] En variante, la pompe de gavage 5a peut être indépendante de la pompe à haute pression 5b et, par exemple, entraînée par un moteur électrique.

[0035] Un actuateur de débit, ou vanne de régulation du débit 9, est disposé entre la pompe à basse pression 5a et la pompe à haute pression 5b pour ajuster la quantité de carburant envoyée la pompe à haute pression 5b, puis la rampe d'injection 4 par le conduit 10. Le système d'alimentation comprend également, entre la sortie de la pompe 5b et la rampe d'injection 4, sur le conduit 10, un actuateur de pression optionnel, ou vanne commandée optionnelle 11 de régulation de la pression du carburant accumulé dans la rampe d'injection 4.

[0036] En outre, le système comprend un circuit de retour 12 permettant le refoulement de carburant de l'ensemble de pompage 5a, 5b, des conduits d'injecteurs 3, ainsi que la décharge de la partie à haute pression. Sur la figure 1, le circuit de retour 12 est monté en communication avec les deux vannes 9 et 11 et avec un seul conduit 3. Bien entendu, en réalité, le circuit de retour 12 communique avec tous les conduits 3. Enfin, le moteur 1 et son système d'alimentation sont commandés par une unité de commande électronique 13. Cette unité de commande électronique 13 comprend

des composants classiques, tels que des microprocesseurs, des mémoires dures de type EEPROM et des mémoires tampons de type RAM.

[0037] Par ailleurs, l'unité de commande électronique 13 reçoit des informations d'entrée 14 via une connexion 15. Ces informations 14 proviennent de différents capteurs placés sur le moteur 1 et de systèmes annexes, tels que le système d'injection de carburant ou le système d'alimentation en air, fournissant, par exemple, une estimation du débit de carburant injecté Q_{inj} .

[0038] Un filtre à carburant 16 est disposé entre le réservoir de carburant 6 et l'ensemble de pompage 5a, 5b de manière à filtrer le carburant véhiculé par le conduit 7 à destination de la pompe à basse pression 5a, ainsi que le carburant véhiculé par le circuit de retour 12 à destination du réservoir 6.

[0039] L'unité de commande électronique 13 traite les données qu'elle reçoit en entrée pour définir ou calculer des niveaux de commande délivrés en sortie de manière à commander l'ensemble du système. Les niveaux de commande sont envoyés aux différents actionneurs qui participent au contrôle des systèmes annexes et donc du moteur 1. Plus particulièrement, les niveaux de commande sont transmis via une connexion 18 aux injecteurs 2, via une connexion 19 à la première vanne commandée 9 de régulation du débit de carburant alimentant la pompe à haute pression 5b, et via une connexion 20 à la deuxième vanne commandée 11 de régulation de la pression du carburant accumulé dans la rampe commune d'injection 4.

[0040] Plus précisément, les informations 14 transmises à l'unité de commande électronique 13, comme la température du liquide de refroidissement du moteur, la vitesse de rotation du moteur, la température de l'huile de lubrification du moteur, la pression de l'air fourni par un turbocompresseur, ou la position de la pédale d'accélération, sont, par exemple, traitées via des fonctions ou des cartographies mémorisées dans une mémoire de type EEPROM.

[0041] Ces cartographies permettent de définir la valeur de la pression P_{cons} souhaitée dans la rampe commune d'injection 4, ou pression de consigne. Les niveaux de commande sont alors calculés en fonction de cette valeur de pression de consigne P_{cons} . Classiquement, la valeur de la consigne de pression P_{cons} est comparée à la valeur de la pression effectivement mesurée P_{mes} dans la rampe d'injection 4 de carburant. Cette valeur mesurée de la pression P_{mes} est délivrée à l'unité de commande électronique 13 via une connexion 21 reliée un capteur de pression 22 mesurant la pression dans la rampe d'injection 4. Un capteur 23 fournit à l'unité de commande électronique 13 une mesure de la vitesse de rotation R_{moteur} du moteur 1 par une connexion 24.

[0042] La vitesse de rotation de la pompe à haute pression 5b peut être déduite de la vitesse de rotation du moteur 1, selon le rapport d'entraînement mécanique entre le moteur 1 et la pompe haute pression 5b. Selon l'écart de pression ΔP identifié ($\Delta P = P_{cons} - P_{mes}$), l'unité de commande électronique 13 ajuste les signaux de commande de la vanne commandée de régulation de débit 9, et éventuellement de la deuxième vanne commandée de régulation de pression 11 pour que la pression mesurée P_{mes} rejoigne la consigne de pression P_{cons} . Si l'écart de pression ΔP est positif, l'unité de commande électronique agit de manière à augmenter le débit et/ou réduire la décharge ou fuite. Par contre, lorsque l'écart de pression ΔP est négatif, l'unité de commande électronique 13 agit de manière à diminuer le débit et/ou accroître la décharge. La vanne commandée de régulation de débit 9 est commandée et contrôlée par des moyens de régulation 25 de type régulateur PID comprenant des composantes Proportionnelle, Intégrale, et Dérivée permettant d'ajuster en permanence, en boucle fermée, la commande de l'actuateur de débit 9. L'unité de commande électronique 13 comprend, en outre, un module de détermination 25a de l'encrassement du filtre à carburant 16, à partir de la composante Intégrale desdits moyens de régulation 25, décrite plus en détail ultérieurement, et liée à la perte de charge ΔP aux bornes du filtre à carburant 16.

[0043] De même, la deuxième vanne commandée 11 de régulation de pression peut être régulée par des moyens de régulation 26 de type régulateur PID. L'unité de commande électronique 13 comprend, en outre, des moyens de détermination 27 de la pression de consigne P_{cons} dans la rampe d'injection 4. Cette pression de consigne P_{cons} est transmise aux moyens de régulation 25 par une connexion 28, et aux moyens de régulation 26 par une connexion 29 dérivée de la connexion 28.

[0044] Si l'actuateur de débit 9 a une caractéristique dite croissante de débit en fonction de la commande, par exemple telle que représentée sur la figure 2, quand la variation de pression ΔP dans la rampe d'injection 4 est positive (i.e. $P_{cons} > P_{mes}$), les moyens de régulation 25 agissent de manière à augmenter la commande de la vanne commandée 9 de régulation du débit afin d'accroître la quantité de carburant entrant dans la partie à haute pression. En outre, lorsque la variation de pression ΔP dans la rampe d'injection 4 est négative (i.e. $P_{mes} > P_{cons}$), les moyens de régulation 25 agissent de façon à diminuer la commande de la vanne commandée 9, afin de réduire la quantité de carburant entrant dans la partie à haute pression.

[0045] En revanche, si la vanne commandée 9 de régulation de débit possède une caractéristique dite décroissante du débit en fonction de la commande, comme illustré sur la figure 3, le pilotage de la vanne commandée 9 est inversé. Lorsque l'écart de pression ΔP dans la rampe d'injection 4 est positive (i.e. $P_{cons} > P_{mes}$), les moyens de régulation 25 agissent de manière à diminuer la commande de la vanne commandée 9 de régulation de débit de manière à augmenter le débit de carburant entrant dans la partie à haute pression, et lorsque l'écart de pression ΔP est négatif (i.e. $P_{mes} > P_{cons}$), les moyens de régulation 25 augmentent la commande de la vanne commandée 9 de régulation

de débit afin de réduire le débit de carburant entrant dans la partie à haute pression.

[0046] Le système de la figure 1 comprend la vanne commandée optionnelle 11 de régulation de pression qui est généralement pilotée en boucle fermée avec un régulateur PID de manière similaire à celle utilisée pour la vanne commandée 9 de régulation de débit. En fonction du point de fonctionnement du moteur 1, il est possible d'utiliser soit la boucle fermée de régulation sur la vanne commandée de régulation de débit 9, soit la boucle fermée de régulation sur la vanne commandée de régulation de pression 11.

[0047] La figure 4 illustre un exemple de la boucle de régulation utilisée, pour un tel système muni d'un actuateur de débit 9 et d'un actuateur de pression 11, en fonction du point de fonctionnement du moteur 1. La boucle fermée sur l'actuateur de pression 11 est plutôt utilisée lors d'un démarrage à froid, d'un ralenti, ou d'un faible débit de carburant. En effet, lors de tels fonctionnements, la réactivité supérieure de l'actuateur de pression 11 est prépondérante. L'actuateur de pression 11 est également très utile lorsque le moteur est entraîné ("overrun", en langue anglaise), ou, en d'autres termes, lorsque l'injection de carburant dans le moteur est nulle. Dans ce cas, l'utilisation de l'actuateur de pression 11 permet de faire chuter la pression du carburant dans la rampe d'injection 4 en assurant le retour du carburant en excès vers le réservoir 6 via le circuit de retour 12, ce qui ne peut être garanti avec une régulation seulement sur la vanne commandée 9 de régulation de débit. Dans les autres cas, c'est-à-dire pour la plupart des points de fonctionnement du moteur 1, la régulation est effectuée sur l'actuateur de débit 9 afin de fournir uniquement la quantité de carburant nécessaire à la réalisation de la pression désirée dans la rampe d'injection 4. La régulation en débit est plus lente qu'une régulation en pression, mais permet de minimiser la puissance hydraulique dissipée et permet ainsi d'améliorer le rendement énergétique du moteur 1.

[0048] Le module de régulation 25 de la vanne commandée 9 de régulation du débit de carburant alimentant la pompe à haute pression 5b peut comprendre, par exemple, des composantes Proportionnelle Intégrale et Dérivée à structure parallèle, tel qu'illustré sur la figure 5. Ce type de régulation PID possède un modèle mathématique représenté par une équation intégral-différentielle linéaire du second ordre qui a la forme :

$$U(t) = K_p \varepsilon(t) + K_i \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau + K_D \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad \text{équation 1}$$

dans laquelle :

$U(t)$ est le signal de commande en sortie du module de régulation P.I.D.

$$\varepsilon(t) = \Delta P(t) = P_{\text{cons}}(t) - P_{\text{mes}}(t)$$

K_p est le coefficient de gain d'action Proportionnelle,

K_i est le coefficient de gain d'action Intégrale,

K_D est le coefficient de gain d'action Dérivée.

De manière classique, on a les relations suivantes :

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}$$

dans laquelle :

T_i est une constante de temps d'action Intégrale, en s, et

$$K_D = K_p \cdot T_D$$

dans laquelle :

T_D est une constante de temps d'action Dérivée, en s.

[0049] En opérant une discrétisation faisant apparaître les trois actions, Proportionnelle, Intégrale et Dérivée, on peut poser l'équation suivante :

$$U(m) = P(m) + I(m) + D(m) \quad \text{équation 2}$$

dans laquelle :

$P(m)$ est le terme d'action Proportionnelle, avec :

$$P(m) = K_p \cdot \varepsilon(m) \quad \text{équation 3}$$

$I(m)$ est le terme d'action Intégrale, pouvant être évalué par la méthode des rectangles :

$$I(m) = I(m-1) + K_I \cdot T \cdot \varepsilon(m) \quad \text{équation 4}$$

$D(m)$ est le terme d'action Dérivée, pouvant être évalué par un calcul en deux points :

$$D(m) = \frac{K_D}{T} [\varepsilon(m) - \varepsilon(m-1)] \quad \text{équation 5,}$$

et

T est la période d'échantillonnage, en s, et n l'indice de l'échantillon.

[0050] L'action intégrale agit tout le temps et permet d'éliminer l'erreur statique permanente vis-à-vis d'un échelon de consigne ou de perturbation, tandis que les actions proportionnelle P et dérivée D n'agissent qu'en mode dynamique. L'action proportionnelle P permet d'augmenter la vitesse de réaction par rapport à un fort gradient de consigne, tandis que l'action dérivée D tend à stabiliser le système en apportant une avance de phase. Ce qui signifie qu'en fonctionnement stabilisé, les actions proportionnelles P et dérivée D sont nulles, et que la valeur de commande est directement donnée par l'action intégrale I (cf figure 6).

[0051] Ainsi, en phase stabilisée, la commande corrective ajoutée à la commande nominale de l'actuateur de débit 9 dépend uniquement de l'action intégrale 1 du régulateur P.I.D. On peut donc poser, en phase stabilisée, pour un couple donné de valeurs de la vitesse de rotation du moteur et du débit de carburant à injecter, pour un instant i donné, l'équation suivante :

$$C_{G,i} = C_N(R_{\text{moteur}}; Q_{inj}) + C_C(I_i) \quad \text{équation 6}$$

dans laquelle:

R_{moteur} est la vitesse de rotation du moteur, en tr/min ;

Q_{inj} est la consigne de débit de carburant à injecter en mg/coup, ou en m³/coup ;

$C_{G,i}$ est la commande globale de l'actuateur de débit 9 à l'instant i ;

$C_N(R_{\text{moteur}}; Q_{inj})$ est la commande nominale de l'actuateur de débit, par exemple cartographiée en fonction du débit de carburant à injecter et de la vitesse de rotation du moteur ; et

$C_C(I_i)$ est la commande corrective à ajouter à la commande nominale de l'actuateur de débit qui dépend uniquement de l'action intégrale du correcteur P.I.D en phase stabilisée.

[0052] Si le système était parfait, la valeur de l'action intégrale en phase stabilisée serait nulle. Mais compte tenu des dispersions de fabrication et des dérives au cours du temps (vieillessement) des composants du système d'alimentation en carburant, des écarts de fonctionnement par rapport au système nominal sont inévitables. Aussi, la valeur de l'action intégrale en fonctionnement stabilisé est l'image des corrections apportées au système d'alimentation en carburant par rapport au fonctionnement nominal.

[0053] Au cours du temps, le filtre à carburant 16 s'encrasse ou se colmate au moins partiellement, ce qui peut perturber le bon fonctionnement du système d'alimentation en carburant des moteurs à combustion interne en générant une augmentation de la perte de charge en entrée de l'ensemble de pompage. Telle qu'illustrée sur la figure 7, la perte de charge ΔP_{filtre} aux bornes du filtre à carburant 16 suit, en général, une loi du deuxième degré, dépendant du débit de carburant qui le traverse. La perte de charge ΔP_{filtre} aux bornes du filtre à carburant 16, pour un débit de carburant donné, augmente au cours du temps avec le degré d'encrassement du filtre. Lorsque cette perte de charge ΔP_{filtre} dépasse un seuil critique $\Delta P_{\text{filtre_critique}}$, des dysfonctionnements du moteur 1 peuvent apparaître.

[0054] Il est alors nécessaire de changer le filtre à carburant 16. D'un point de vue contrôle moteur ou contrôle de l'alimentation en carburant, l'augmentation de la perte de charge ΔP_{filtre} aux bornes du filtre à carburant 16 générée par l'augmentation du degré d'encrassement du filtre, se traduit pour un couple de valeurs de la vitesse de rotation du moteur et de la quantité de carburant à injecter, par une diminution de la pression de carburant dans la rampe d'injection 4 par rapport à la pression de consigne désirée (i.e. $\Delta P = P_{\text{cons}} - P_{\text{mes}} < 0$) en boucle ouverte. Par contre, en boucle fermée, cette perte de pression dans la rampe d'injection 4 est naturellement compensée par une augmentation de la valeur I de l'action intégrale. Cette augmentation de I a pour effet d'accroître la quantité de carburant envoyée dans la partie à haute pression par augmentation de la commande corrective $C_C(I)$. En d'autres termes, le comportement de la valeur I du terme intégral du régulateur P.I.D en phase stabilisée peut être corrélé à la perte de charge ΔP_{filtre} aux bornes du filtre à carburant 16. On a donc :

$$I = f(\Delta P_{\text{filtre}})$$

équation 7

[0055] A la perte de charge critique $\Delta P_{\text{filtre_critique}}$ correspond une valeur critique I_{critique} de la composante intégrale I .

[0056] L'invention permet, d'une part, de suivre évolution de l'encrassement du filtre à carburant 16 à travers inobservation du terme intégral I en phase stabilisée de fonctionnement du moteur 1, notamment au moyen du module de détermination 25a, et, d'autre part, de prévenir le conducteur qu'il doit changer son filtre à carburant 16, lorsque la composante intégrale atteint le seuil I_{critique} . L'alerte du conducteur peut se faire par l'intermédiaire d'un module d'alerte 30, relié à l'unité de commande électronique 13 par une connexion 31. Le module d'alerte 30 peut par exemple, comprendre un voyant lumineux ou une interface vocale.

[0057] L'évaluation du degré d'encrassement du filtre à carburant repose sur l'observation et l'analyse du terme intégral I du régulateur P.I.D 25 en phase stabilisée.

[0058] Une phase stabilisée peut être définie par des variations ΔP_{mes} de la pression P_{mes} mesurée dans la rampe d'injection 4, des variations ΔR_{moteur} de la vitesse R_{moteur} de rotation du moteur 1, et des variations ΔQ_{inj} de la quantité Q_{inj} de carburant à injecter, ne dépassant pas certains seuils pendant un intervalle de temps T_{laps} . Par exemple, on peut définir une phase stabilisée par le système suivant :

$$\begin{cases} \Delta P_{\text{mes}} < \text{seuil_P} & \text{avec seuil_P} = 10 \text{ bars} \\ \Delta R_{\text{moteur}} < \text{seuil_R_moteur} & \text{avec seuil_R_moteur} = 100 \text{ tr/min} \\ \Delta Q_{\text{inj}} < \text{seuil_Qinj} & \text{avec seuil_Qinj} = 2,5 \text{ mg/coup} \\ T_{\text{laps}} > \text{seuil_T_laps} & \text{avec seuil_T_laps} = 5 \text{ secondes} \end{cases}$$

[0059] Ensuite, on tient compte du fait que le terme intégral I est un facteur correctif du système. En d'autres termes, il corrige l'ensemble des dispersions et des dérives du système d'alimentation en carburant, mais pas les dispersions et les dérives d'un composant spécifique du système d'alimentation en carburant. Il est donc nécessaire de définir un critère permettant de ne tenir compte que de l'influence de l'encrassement du filtre à carburant 16 sur le terme I . A cet effet, comme le phénomène d'encrassement du filtre à carburant 16 est un phénomène rapide par rapport à l'usure ou vieillissement de tout autre composant du système d'alimentation en carburant, on effectue une analyse de l'évolution du terme intégral I sur des cycles d'observation relativement courts à l'échelle de la durée d'utilisation d'un véhicule.

Par exemple, cette analyse peut être effectuée à l'échelle du plein de carburant (remplissage du réservoir) ou du millier de kilomètres.

[0060] L'apprentissage du terme intégral I s'effectue à chaque passage en phase stabilisée, autour de points de fonctionnement prédéfinis ("breakpoints", en langue anglaise) sur le champ de valeurs possibles de la vitesse de rotation du moteur et de la quantité de carburant à injecter.

[0061] Tandis que la vitesse de rotation du moteur R_{moteur} , en tours/min, et la consigne de la quantité de carburant à injecter Q_{inj} , en mg/coup, sont des informations classiquement disponibles dans une unité de commande électronique, le débit de carburant traversant le filtre à carburant 16 ne l'est pas. Le débit de carburant traversant le filtre à carburant 16, égal au débit de carburant Q_{pompe} traversant la pompe à basse pression 5a, en litres/heure, ne peut être simplement relié à la consigne Q_{inj} de quantité de carburant à injecter dans le moteur 1. Une solution, pour disposer de cette donnée Q_{pompe} , est d'équiper la pompe d'un débitmètre relié électriquement à l'unité de commande électronique 13. Toutefois, pour une pompe donnée, il est aisé de connaître le débit Q_{pompe} à partir de la vitesse de rotation de la pompe R_{pompe} et de la quantité de carburant à injecter Q_{inj} . Dès lors que la vitesse de rotation de la pompe R_{pompe} se déduit de la vitesse de rotation du moteur R_{moteur} par un rapport d'entraînement mécanique a , il est alors envisageable de travailler en fonction de valeurs de la vitesse de rotation de la pompe R_{pompe} et de débit de la pompe Q_{pompe} au lieu de valeurs de la vitesse de rotation du moteur R_{moteur} et du débit à injecter Q_{inj} .

[0062] Aussi, on obtient les équations suivantes :

$$Q_{\text{pompe}} = g(R_{\text{pompe}} ; Q_{\text{inj}}) \quad \text{équation 8}$$

$$R_{\text{pompe}} = a R_{\text{moteur}} \quad \text{équation 9}$$

[0063] A la fin de chaque cycle d'observation k (détection du remplissage réservoir ou millier de kilomètre), on détermine l'évolution moyenne du terme intégral appris $I_{\text{app_moyen}}$ sur l'ensemble des couples de valeurs ($R_{\text{pompe}} ; Q_{\text{pompe}}$).

[0064] Ainsi pour chaque couple ($R_{\text{pompe}_j} ; Q_{\text{pompe}_i}$) prédéfini, on peut garder en mémoire toutes les valeurs apprises $I_{\text{app}}(R_{\text{pompe}} ; Q_{\text{pompe}})$ du terme intégral afin d'en extraire une moyenne arithmétique à la fin de chaque cycle. Cette moyenne s'exprimerait alors à la fin de chaque cycle d'observation k selon l'équation suivante :

$$I_{\text{app_moyen}}(R_{\text{pompe}_j} ; Q_{\text{pompe}_i})_{n,k} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\text{app}}(R_{\text{pompe}_j} ; Q_{\text{pompe}_i})_{i,k}}{n} \quad \text{équation 10}$$

dans laquelle :

n est le nombre de valeurs apprises au cours du cycle k pour un couple ($R_{\text{pompe}_j} ; Q_{\text{pompe}_i}$) donné ;
 i est la $i^{\text{ème}}$ valeur apprise (i compris entre 1 et n) au cours du cycle k pour un couple ($R_{\text{pompe}_j} ; Q_{\text{pompe}_i}$) donné ;
 j est la $j^{\text{ème}}$ valeur de la vitesse de rotation de la pompe à basse pression 5a parmi les vitesses de rotation de la pompe 5a fixées par les points de fonctionnement prédéfinis ; et
 1 est la $1^{\text{ème}}$ valeur de débit de carburant de la pompe à basse pression 5a parmi les débits de pompe fixés par les points de fonctionnement prédéfinis.

[0065] Cette solution selon l'équation 10 étant coûteuse en utilisation de la mémoire du calculateur, on peut, en variante, utiliser une moyenne glissante. Ainsi pour un couple de valeurs ($R_{\text{pompe}_j} ; Q_{\text{pompe}_i}$) donné, le principe de la moyenne glissante est de stocker en mémoire la dernière valeur moyenne de I , et de calculer, avec la nouvelle valeur apprise de I , la nouvelle moyenne. Pour le $n^{\text{ème}}$ apprentissage du terme intégral au cours du cycle k , la valeur moyenne apprise pour un couple ($R_{\text{pompe}_j} ; Q_{\text{pompe}_i}$) donné s'exprime alors selon l'équation, suivante :

$$I_app_moyen(R_pompe_j ; Q_pompe_i)_{n,k} = \frac{(n-1)I_app_moyen(R_pompe_j ; Q_pompe_i)_{n-1,k}}{n} + \frac{I_app(R_pompe_j ; Q_pompe_i)_{n,k}}{n}$$

équation 11

[0066] A partir de dévolution de la composante intégrale I, on déduit l'encrassement du filtre à carburant 16.

[0067] Le terme intégral I représente la commande corrective à apporter à la commande nominale de l'actuateur de débit 9 pour venir compenser les dispersions et les dérives du système d'alimentation en carburant. C'est comme si on corrigeait les dérives et/ou les dispersions de l'actuateur de débit 9 par rapport à sa caractéristique nominale (cf figure 2). Les dérives et dispersions de l'actuateur de débit 9 ont des limites maximales et minimales de fonctionnalité connues (cf les enveloppes maximale et minimale représentées sur la figure 2). Ces limites sont des données de fabrication connues. Ainsi, pour un couple de valeurs (R_pompe_j ; Q_pompe_i) donné, un premier seuil critique de fonctionnalité est atteint lorsque la commande corrective C_C(I) appliquée à l'actuateur de débit 9 atteint ou dépasse l'écart de commande entre la commande associée à la caractéristique maximale tolérée C_max(R_pompe_j ; Q_pompe_i) et la commande associée à la caractéristique nominale C_N(R_pompe_j ; Q_pompe_i).

[0068] De même, un second seuil critique de fonctionnalité est atteint lorsque la commande corrective C_C(I) appliquée à l'actuateur de débit 9 atteint ou dépasse l'écart de commande entre la commande associée à la caractéristique minimale tolérée C_min(R_pompe_j ; Q_pompe_i) et la commande associée à la caractéristique nominale C_N(R_pompe_j ; Q_pompe_i). Sachant que le terme intégral représente la commande corrective, en nommant I_pos_max(R_pompe_j ; Q_pompe_i) la valeur de I qui correspond au premier seuil critique C_max(R_pompe_j ; Q_pompe_i) - C_N(R_pompe_j ; Q_pompe_i), et I_neg_max(R_pompe_j ; Q_pompe_i) la valeur de I qui correspond au second seuil critique C_min(R_pompe_j ; Q_pompe_i) - C_N(R_pompe_j ; Q_pompe_i), on peut considérer qu'un seuil critique de fonctionnalité est atteint lorsque :

$$I_app_moyen(R_pompe_j ; Q_pompe_i)_{n,k} \geq I_pos_max(R_pompe_j ; Q_pompe_i) + Offset_pos(R_pompe_j ; Q_pompe_i)$$

inéquation 1

ou lorsque :

$$I_app_moyen(R_pompe_j ; Q_pompe_i)_{n,k} \leq I_neg_max(R_pompe_j ; Q_pompe_i) + Offset_neg(R_pompe_j ; Q_pompe_i)$$

inéquation 2

dans lesquelles

Offset_pos(R_pompe_j ; Q_pompe_i) et Offset_neg(R_pompe_j ; Q_pompe_i) sont les seuils paramétrables en fonction des couples de valeurs (R_pompe_j ; Q_pompe_i) afin de s'affranchir des incertitudes de mesures.

Dans le mode de réalisation décrit, la caractéristique du débit en fonction de la commande de l'actuateur débit 9 est croissante (cf figure 2), et la perte de charge générée par le filtre à carburant 16 se traduit par une commande corrective positive, seule l'inéquation 1 est intéressante. Par défaut, l'inéquation 2 ne peut pas être réalisée à cause d'un phénomène d'encrassement du filtre à carburant 16. Par contre, en considérant une caractéristique décroissante du débit en fonction de la commande pour l'actuateur débit 9 (cf figure 3), le raisonnement serait inversé.

[0069] Par conséquent, comme la perte de charge générée par l'encrassement du filtre à carburant 16 est compensée

par une action intégrale 1 positive (augmentation de la commande), on peut considérer qu'un seuil critique d'encrassement du filtre à carburant est susceptible d'être atteint lorsque la limite maximale de fonctionnalité de l'actuateur de débit est atteinte, i.e. lorsque :

$$I_app_moyen(R_pompe_j; Q_pompe_l)_{n,k} \geq Offset_pos(R_pompe_j; Q_pompe_l) + I_pos_max(R_pompe_j; Q_pompe_l) \quad \text{inéquation 3.}$$

[0070] Il faut ensuite vérifier si le franchissement du seuil critique est effectivement lié à l'encrassement du filtre à carburant 16. Les dispersions de fabrication des composants du système d'alimentation en carburant peuvent engendrer des écarts par rapport au fonctionnement nominal. Ainsi, les premiers cycles d'observation k, par exemple de l'ordre de 3 à 5, servent essentiellement à corriger les dispersions de fabrication des composants plutôt que les dérives. Par conséquent, les premiers cycles d'observation sont utilisés pour établir une référence à partir de laquelle la plausibilité de l'encrassement du filtre à carburant 16 est étudiée. Si on note n_ref le nombre de cycles nécessaires à apprendre dispersions du système, notre référence est alors donnée par :

$$I_app_ref(R_pompe_j; Q_pompe_l) = I_app_moyen(R_pompe_j; Q_pompe_l)_{n_ref} \quad \text{équation 12}$$

[0071] Dès lors, pour un couple de valeurs (R_pompe_j; Q_pompe_l) donné et un cycle d'observation k > n_ref, l'influence de la perte de charge générée par l'encrassement du filtre peut être suivie par observation de l'écart I_app_moyen(R_pompe_j; Q_pompe_l)_k - I_app_ref(R_pompe_j; Q_pompe_l).

[0072] Ainsi, quand l'alerte peut être donnée, on corrèle l'hypothèse selon laquelle le système est sous l'influence d'un encrassement du filtre à carburant 16 quand, pour les couples de valeurs (R_pompe_j; Q_pompe_l) qui ont subi un nombre minimal d'apprentissages n_app_min au cours de chaque cycle k-2, k-1 et k (avec k-2 ≥ n_ref), on vérifie d'une part les inéquations suivantes :

$$I_app_moyen(R_pompe_j; Q_pompe_l)_{n_app_min,k} - I_app_ref(R_pompe_j; Q_pompe_l) \geq I_app_moyen(R_pompe_j; Q_pompe_l)_{n_app_min,k-1} - I_app_ref(R_pompe_j; Q_pompe_l) \quad \text{inéquation 4}$$

ou

$$I_app_moyen(R_pompe_j; Q_pompe_l)_{n_app_min,k} - I_app_ref(R_pompe_j; Q_pompe_l) \geq$$

$$I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_1})_{n_{app_min,k-2}} -$$

$$I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_1})$$

inéquation 5

[0073] Pour une vitesse de rotation donnée R_{pompe_j} de la pompe in basse pression 5a parmi les couples de valeurs $(R_{pompe_j}; Q_{pompe_1})$ qui vérifient les inéquations 4 ou 5, on vérifie d'autre part, pour les débits de pompe minimum Q_{pompe_min} et maximum Q_{pompe_max} identifiés, les inéquations suivantes :

$$\left[\left(\frac{I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max})_{n_{app_min,k}}}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right. \right.$$

$$\left. - \frac{I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max})}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right)$$

$$- \left(\frac{I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_min})_{n_{app_min,k}}}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right. \\ \left. - \frac{I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_min})}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right)]$$

$\geq$

$$\left[\left(\frac{I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max})_{n_{app_min,k-1}}}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right. \right.$$

$$\left. - \frac{I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max})}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right)$$

$$- \left(\frac{I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_min})_{n_{app_min,k-1}}}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right.$$

$$\left. - \frac{I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_min})}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right)] +$$

$$\tau(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min})]$$

inéquation 6

ou

$$\begin{aligned}
& \left[\left(\frac{I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max})_{n_app_min,k}}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - \frac{I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max})}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right) \right. \\
& \quad \left. - \left(\frac{I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_min})_{n_app_min,k}}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - \frac{I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_min})}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right) \right] \\
& \geq \\
& \left[\left(\frac{I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max})_{n_app_min,k-2}}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - \frac{I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max})}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right) \right. \\
& \quad \left. - \left(\frac{I_{app_moyen}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_min})_{n_app_min,k-2}}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - \frac{I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_min})}{Q_{pompe_max} - Q_{pompe_min}} \right) \right] + \\
& \quad \tau(R_{pompe_j}; Q_{pompe_max}, Q_{pompe_min})]
\end{aligned}$$

inéquation 7

[0074] En effet, généralement, la perte de charge du filtre à carburant 16 en fonction du débit instantané à différents kilométrages évolue selon le réseau de courbes linéaires présente figure 8, avec une augmentation de la pente au fil des kilométrages.

[0075] Les figures 9 et 10 illustrent un exemple de fonctionnement du procédé selon l'invention.

[0076] Le procédé débute par une initialisation des indices k et i (étape 40), respectivement aux valeurs zéro et un.

On teste ensuite (étape 41) si l'indice k est supérieur ou égal à l'indice de référence n_ref augmenté de deux, et si l'inéquation 1 est vérifiée. Si ces conditions (étape 41) ne sont pas réalisées, on effectue un test (étape 42), en boucle, si on est dans une phase de fonctionnement stabilisée, et si, en outre, la température du carburant est comprise entre une température minimale Tmin et une température maximale Tmax afin d'éviter les influences de la température du carburant sur le système, et notamment les phénomènes de paraffinage et de variation de viscosité du carburant.

Si on détecte une phase de fonctionnement stabilisé (étape 42), alors on mémorise le terme intégral $I_{app}(R_{pompe_j}, Q_{pompe_i})_{i,k}$ (étape 43, en passant par A) et on calcule et on mémorise (étape 44) la valeur moyenne $I_{app_moyen}(R_{pompe_j}, Q_{pompe_i})_{i,k}$ selon l'équation 11. On incrémente de un l'indice i (étape 45) et on teste (étape 46) si le cycle courant k est terminé.

Si ce n'est pas le cas, on retourne à l'étape 41, et si c'est le cas, on passe au cycle suivant en incrémentant de un l'indice k (étape 47). On mémorise le nombre d'apprentissages $i(R_{pompe_j}; Q_{pompe_i})_k$ (étape 48), et on teste (étape 49) si l'indice courant k est égal à l'indice de référence n_ref.

Si l'indice k n'est pas égal à l'indice de référence n_ref, on retourne à l'étape 41 (en passant par B), sinon, on mémorise le terme intégral de référence $I_{app_ref}(R_{pompe_j}; Q_{pompe_i})$ selon l'équation 12 (étape 50), et on retourne

à l'étape 41 (en passant par B).

[0080] En revanche, lorsque les conditions de test de l'étape 41 sont réalisées, on détermine (étape 51) les valeurs des couples $(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})$ qui vérifient le système d'inéquations suivant :

$$i(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_k \geq n_{\text{app_min}}$$

$$\text{et } i(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_{k-1} \geq n_{\text{app_min}}$$

$$\text{ou } i(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_{k-2} \geq n_{\text{app_min}}$$

Système d'inéquations 8

[0081] On détermine ensuite (étape 52) les débits minimal $Q_{\text{pompe_min}}$ et maximal $Q_{\text{pompe_max}}$ sur l'ensemble des couples de valeurs $(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})$ qui vérifient le système d'inéquations 8.

[0082] On teste ensuite (étape 53) si les inéquations 4 ou 5 et 6 ou 7 sont vérifiées, et si ce n'est pas le cas, on passe à l'étape 42.

[0083] En revanche, si les conditions de test de l'étape 53 sont vérifiées, on alerte le conducteur (étape 54) par les moyens d'alerte 30, que le filtre à carburant 16 est encrassé. Ainsi, le conducteur peut aller faire changer le filtre à carburant et éviter ainsi des dégradations de fonctionnement pouvant aller jusqu'à entraîner des pannes du véhicule.

[0084] La figure 11 décrit un exemple de réalisation de invention comprenant une cartographie à deux dimensions dépendant de la vitesse de rotation du moteur et du débit de carburant de consigne à injecter dans le moteur, qui se détermine au cours du fonctionnement du moteur à partir de l'apprentissage et de la mémorisation du terme Intégral I. L'avantage de ce mode de réalisation est l'amélioration, au cours du temps, de la réactivité du système par compensation directe des dérives du système. La partie intégrale I n'a ainsi que de petits écarts à corriger, et par conséquent, avec ce type de corrections adaptatives, au cours d'un cycle k, ce n'est pas le terme intégral I global qui est observé, mais une variation ΔI de ce terme intégral global. Dans ce cas, pour un couple $(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})$ donné, l'équation 11 devient le système d'équations 13 suivant :

$$\begin{aligned} \Delta I_{\text{app_moyen}}(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_{n,k} &= \\ \frac{(n-1)\Delta I_{\text{app_moyen}}(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_{n-1,k}}{n} &+ \\ \frac{\Delta I_{\text{app}}(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_{n,k}}{n} \end{aligned}$$

avec :

$$\begin{aligned} I_{\text{app_moyen}}(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_{n,k} &= \\ I_{\text{app_mémo}}(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_{k-1} &+ \\ \Delta I_{\text{app_moyen}}(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})_{n,k} \end{aligned}$$

dans lequel :

$I_{\text{app_mémo}}$ est la dernière valeur de I apprise pour le couple $(R_{\text{pompe}_j}; Q_{\text{pompe}_i})$ au cycle précédent k-1.

[0085] La présente invention permet donc, à coût réduit, de détecter un encrassement du filtre à carburant avec une précision améliorée, et de prévenir le conducteur d'un taux d'encrassement nécessitant le changement de filtre à carburant.

Revendications

1. Dispositif de détection de l'encrassement d'un filtre à carburant (16) d'un système d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne (1), notamment de véhicule automobile, le système d'alimentation en carburant comprenant un ensemble de pompage, comprenant une première pompe à basse pression (5a) et une deuxième pompe à haute pression (5b) disposées en série, et étant disposé entre une rampe d'injection de carburant (4) munie d'un capteur de pression (22) et un réservoir de carburant (6), une première vanne commandée (9) de régulation du débit de carburant alimentant la pompe à haute pression (5b), des moyens de détermination (27) d'une pression de consigne dans la rampe d'injection (4), et des moyens de régulation (25) de ladite première vanne commandée (9) comprenant des composantes Proportionnelle Intégrale et Dérivée et une boucle de rétroaction pour asservir la pression mesurée par le capteur (22) sur ladite pression de consigne, le filtre à carburant (16) étant disposé entre le réservoir de carburant (6) et l'ensemble de pompage (5a,5b), **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens de détermination (25a) de l'encrassement du filtre à carburant (16) à partir de ladite composante Intégrale desdits moyens de régulation (25).
2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel lesdits moyens de détermination (25a) sont adaptés pour évaluer la composante Intégrale des moyens de régulation (25) pour des phases de fonctionnement stabilisées.
3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel lesdits moyens de détermination (25a) sont adaptés pour effectuer ladite évaluation de manière cyclique, un cycle correspondant, par exemple, à la consommation d'une quantité de carburant de seuil ou au parcours d'une distance de seuil par le véhicule.
4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, dans lequel les moyens de détermination (25a) sont adaptés pour détecter un encrassement du filtre à carburant (16) lorsqu'un ensemble de valeurs moyennes de ladite composante Intégrale, dépendant de la vitesse de rotation et du débit délivré par la première pompe à basse pression (5a), au cycle courant k, sont supérieures à des seuils maximums respectifs dépendant de la vitesse de rotation et du débit délivré par la première pompe à basse pression (5b), le cycle courant k étant supérieur ou égal à un nombre de cycle de référence n_ref augmenté au moins de deux.
5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel les moyens de détermination (25a) sont adaptés pour utiliser des moyennes arithmétiques ou glissantes.
6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, dans lequel les moyens de détermination (25a) sont adaptés pour détecter un encrassement du filtre à carburant (16) lorsqu'on outre, les différences entre lesdites valeurs moyennes de ladite composante Intégrale, au cycle courant k, et des valeurs correspondantes, pour le cycle de référence n_ref, dépendant de la vitesse de rotation et du débit délivré par la première pompe (5a), sont supérieures aux différences correspondantes pour le cycle précédent k-1 ou le cycle antépénultième k-2.
7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel les moyens de détermination (25a) sont adaptés pour détecter un encrassement du filtre à carburant lorsqu'on outre, des différences, entre des premières différences entre des valeurs moyennes de ladite composante Intégrale pour un débit maximum délivré par la première pompe (5a), au cycle courant k, et les valeurs correspondantes, au cycle de référence n_ref, et des deuxièmes différences entre des valeurs moyennes de ladite composante Intégrale pour un débit minimum délivré par la première pompe (5a), au cycle courant k, et les valeurs correspondantes, au cycle de référence n_ref, sont supérieures aux différences correspondantes pour le cycle précédent k-1 ou le cycle antépénultième k-2.
8. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 7, comprenant, en outre, des moyens d'alerte (30) pour alerter le conducteur de la détection d'un encrassement du filtre à carburant (16) par les moyens de détermination (25a).
9. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 8, dans lequel les moyens de détermination (25a) sont adaptés pour détecter une phase de fonctionnement stabilisée lorsque, durant un intervalle de temps supérieur à un intervalle de temps de seuil, la température du carburant est comprise entre une température minimale et une température maximale, la variation de la pression mesurée dans la rampe d'injection (4) est inférieure à un seuil de pression, la

variation de la vitesse de rotation du moteur (1) est inférieure à un seuil de vitesse de rotation, et la variation du débit de carburant délivré par la première pompe (5a) est inférieure à un seuil de débit.

10. Procédé de détection de l'encrassement d'un filtre à carburant (16) d'un système d'alimentation en carburant d'un moteur à combustion interne (1), notamment de véhicule automobile, dans lequel on régule, par régulation Proportionnelle Intégrale et Dérivée, le débit de carburant alimentant la pompe à haute pression (5b) d'un ensemble de pompage comprenant une première pompe à basse pression (5a) et une deuxième pompe à haute pression (5b) disposées en série, **caractérisé en ce que** l'on détermine l'encrassement du filtre à carburant (16) à partir de la composante Intégrale de ladite régulation du débit de carburant alimentant la pompe à haute pression (5b).

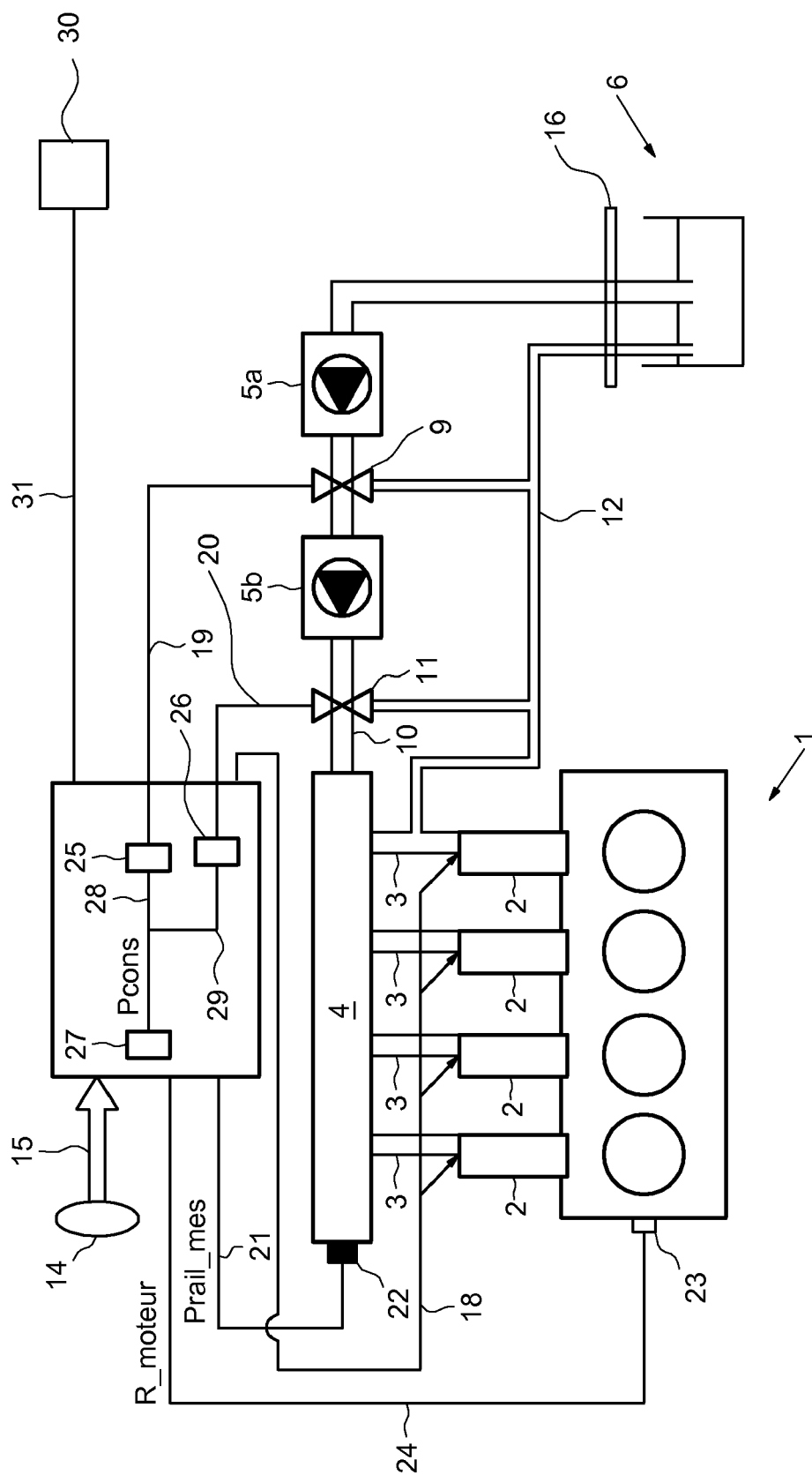
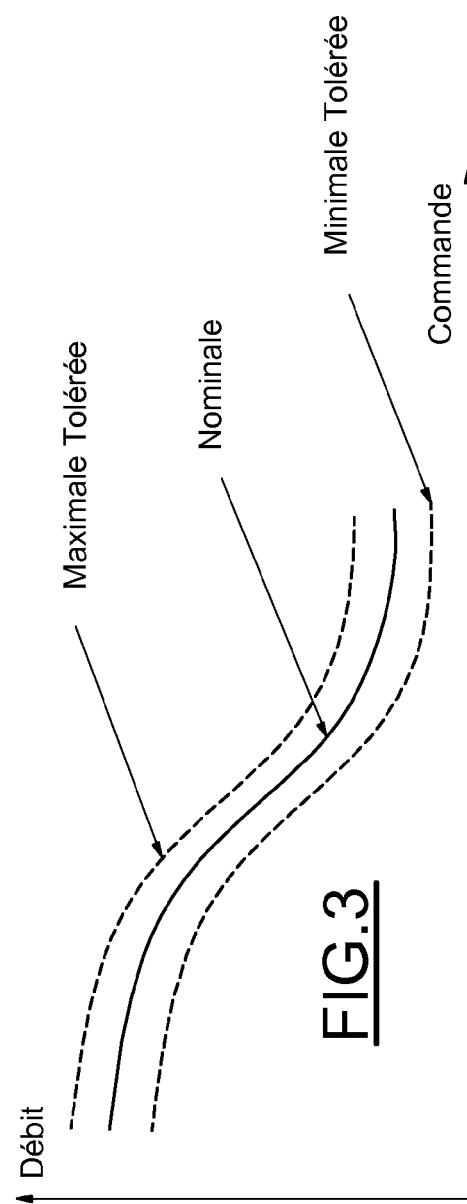
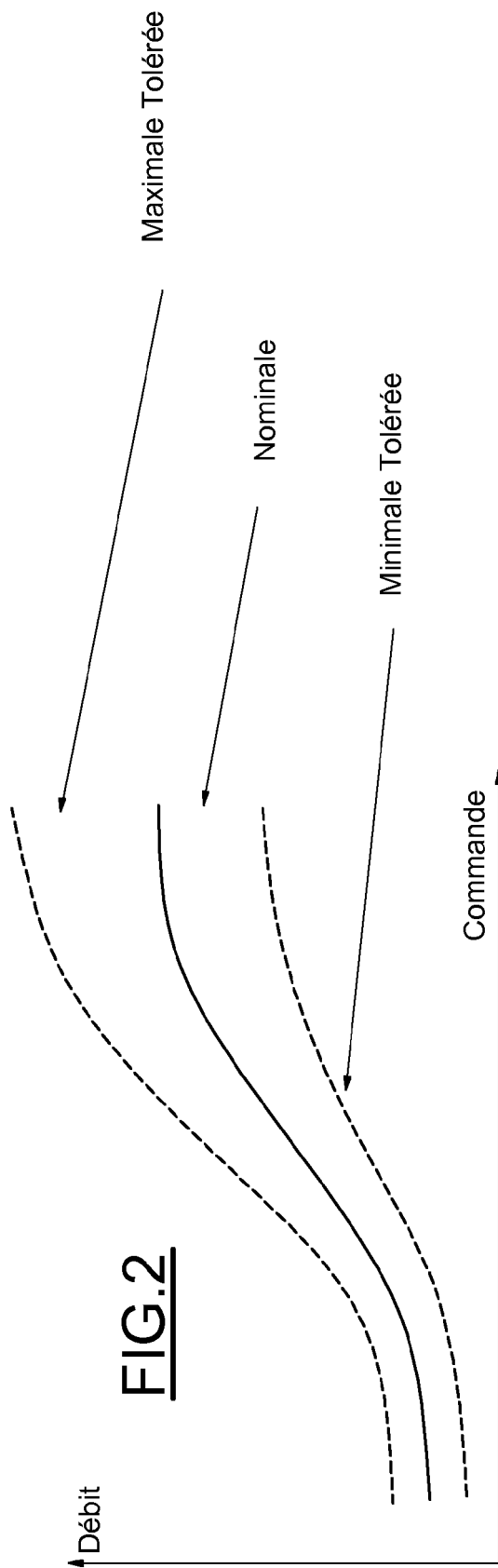
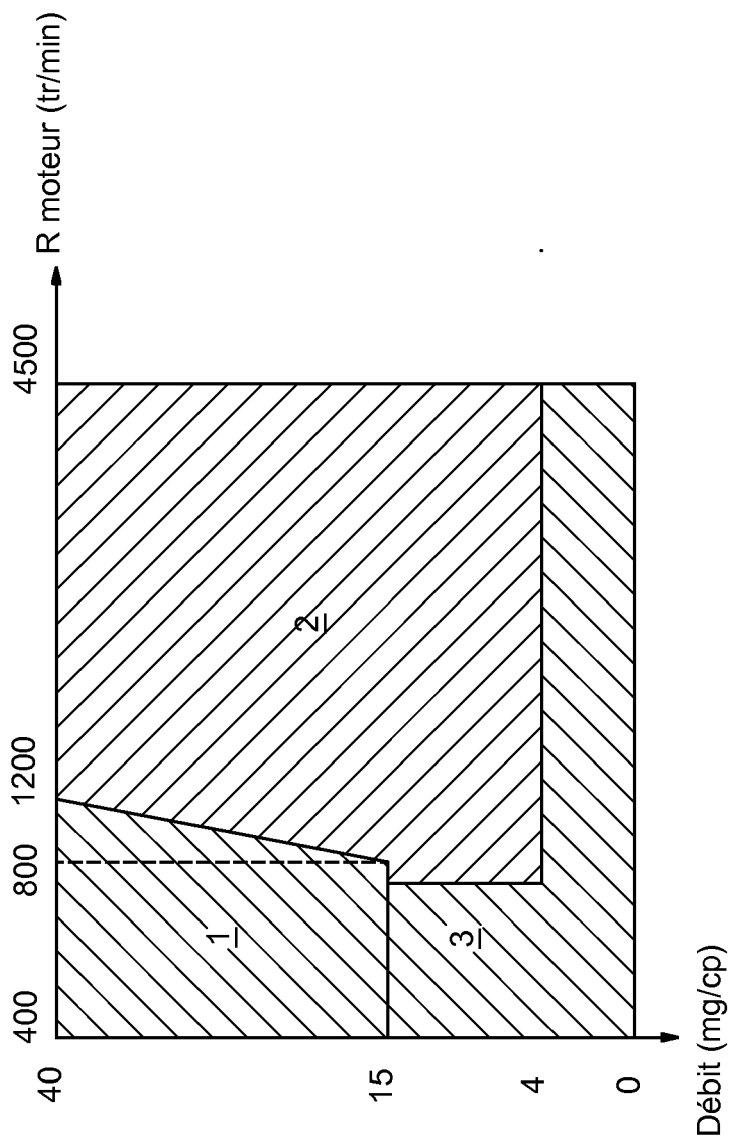


FIG. 1



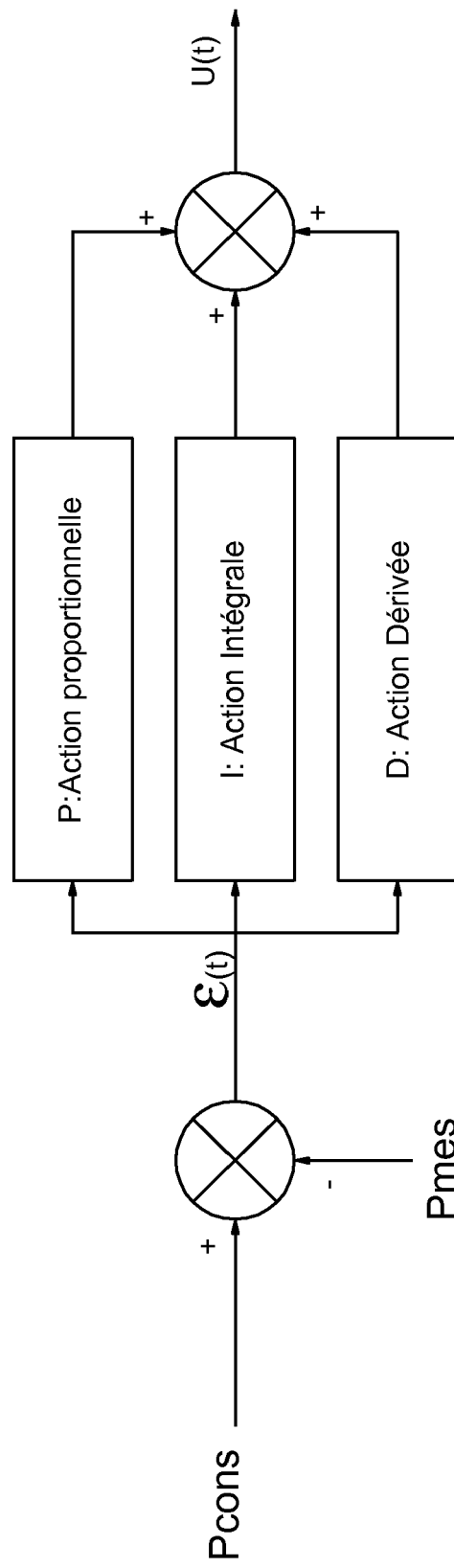


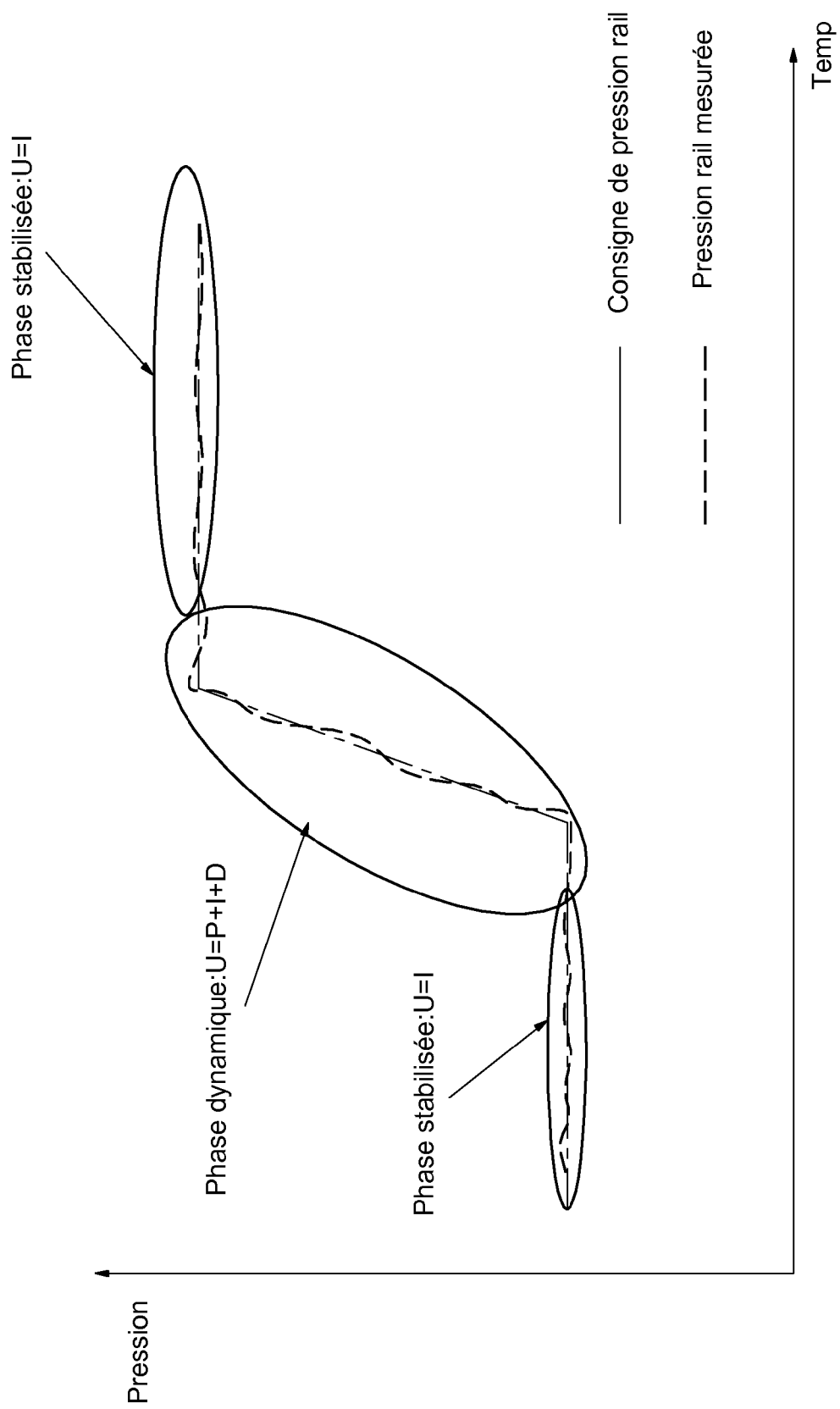
Régulation en boucle fermée sur l'actuateur de pression

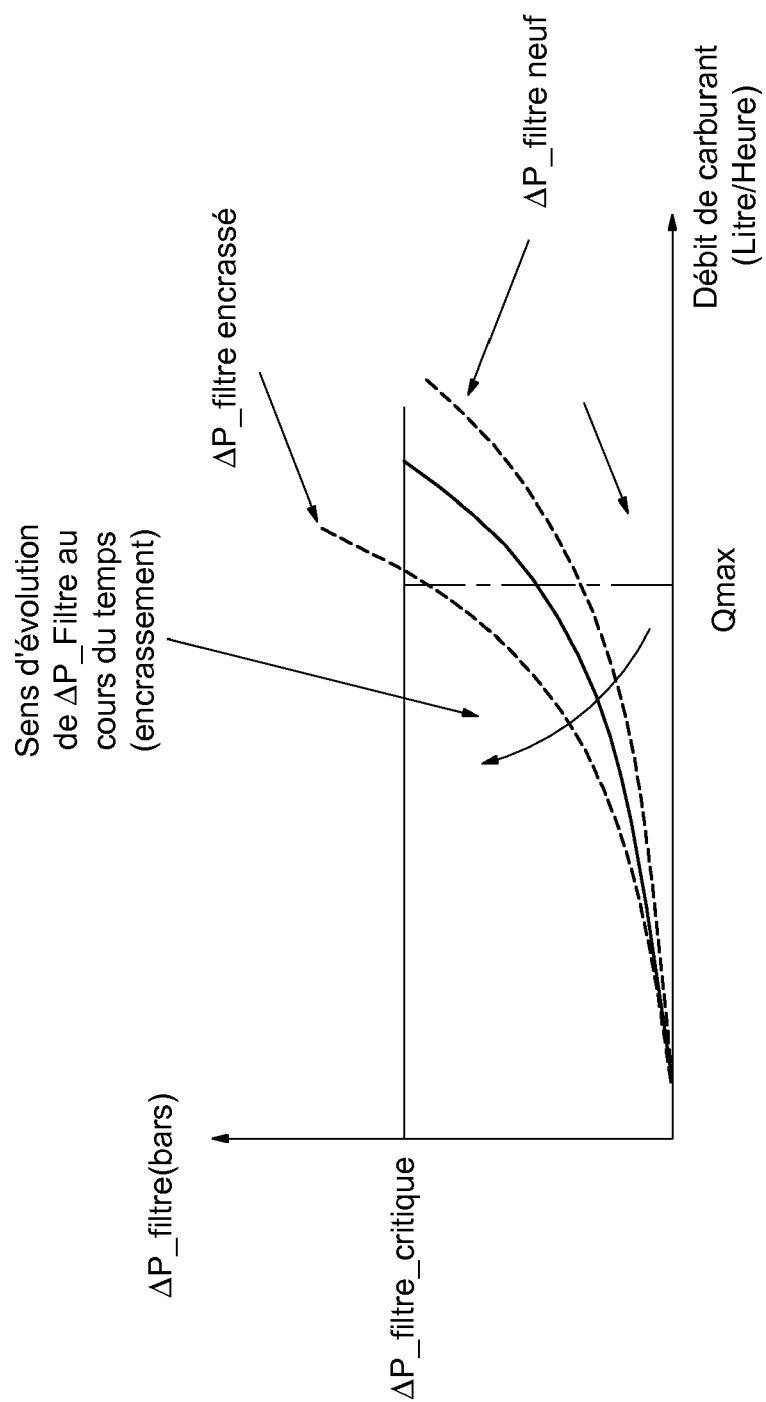


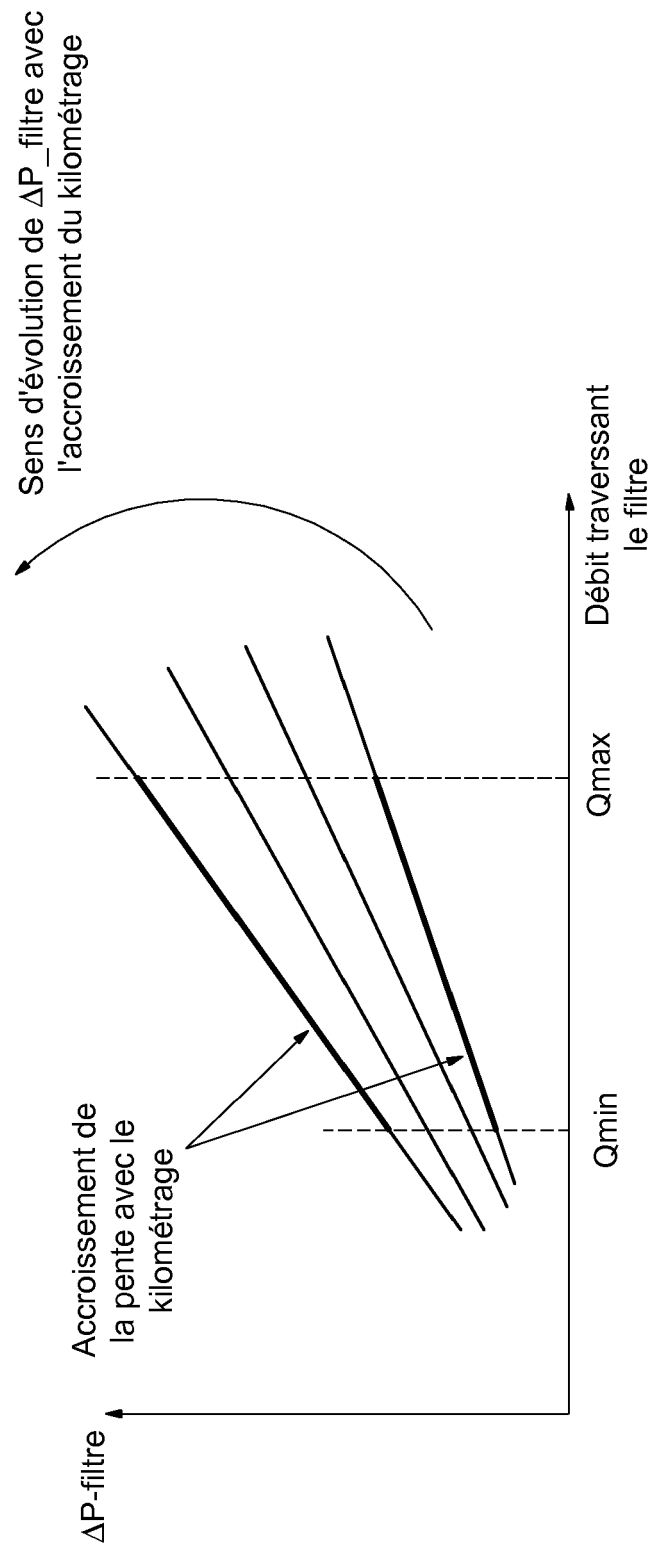
Régulation en boucle fermée sur l'actuateur de débit

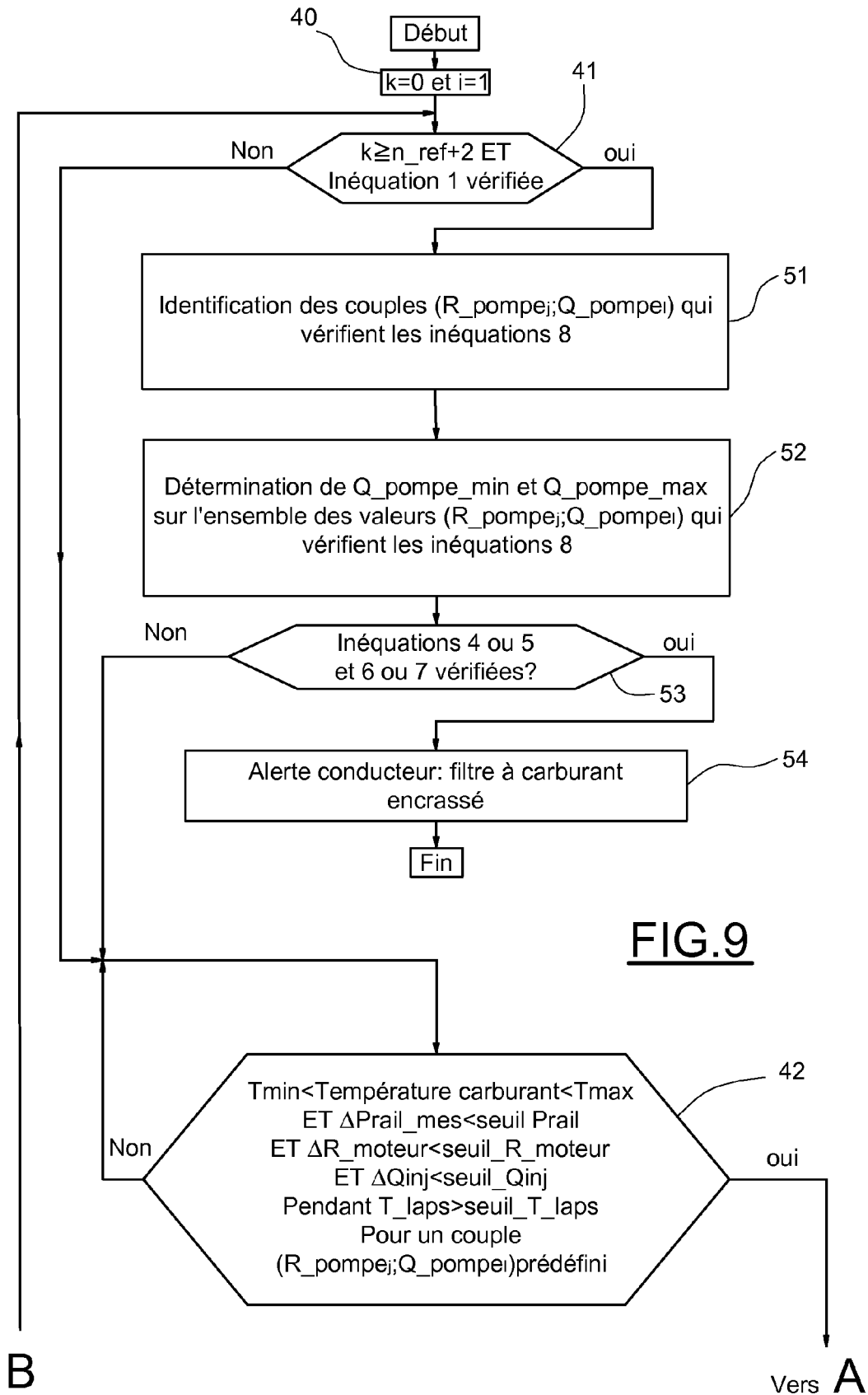
FIG.4

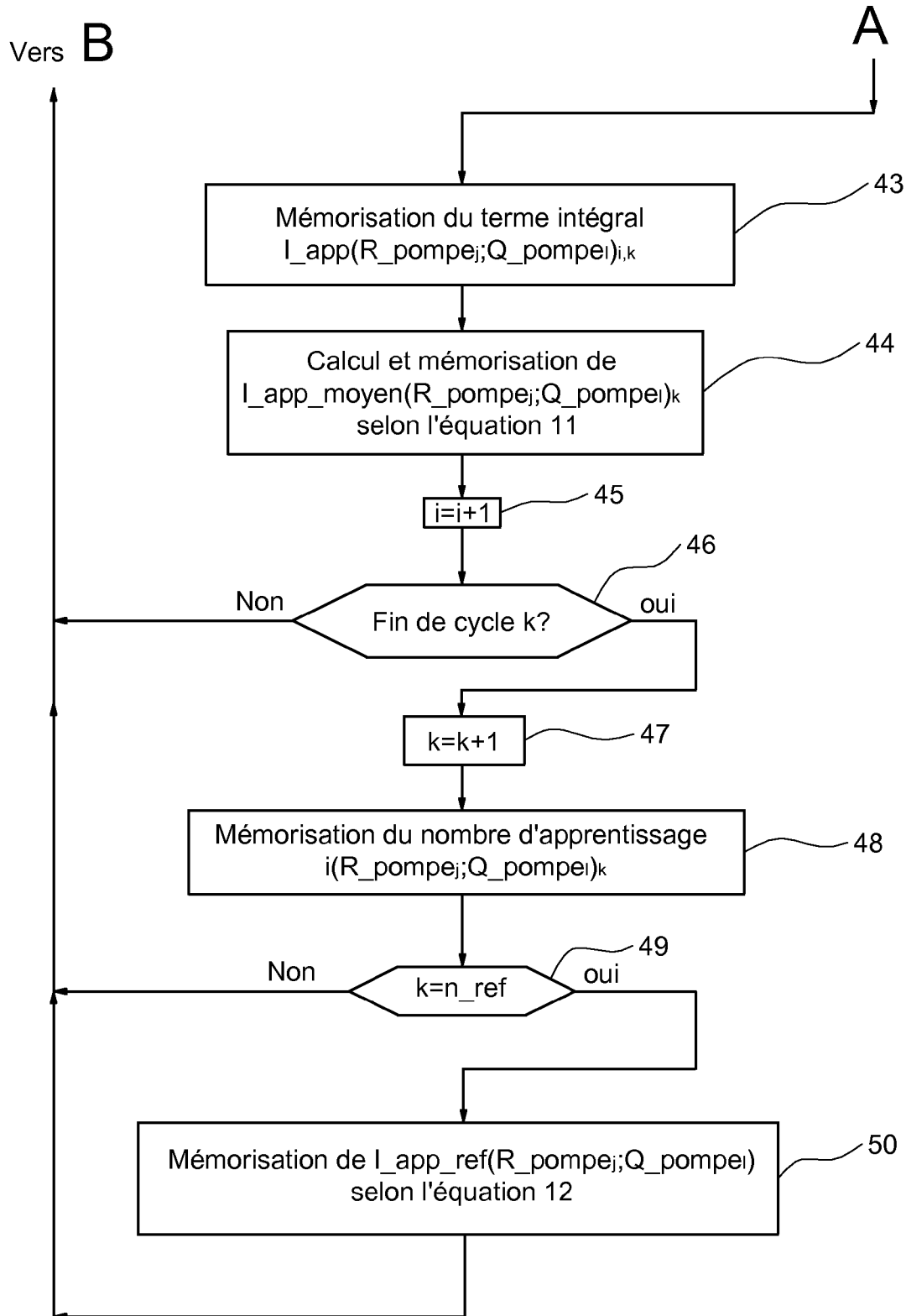
FIG.5

FIG.6

FIG.7

FIG.8



FIG.10

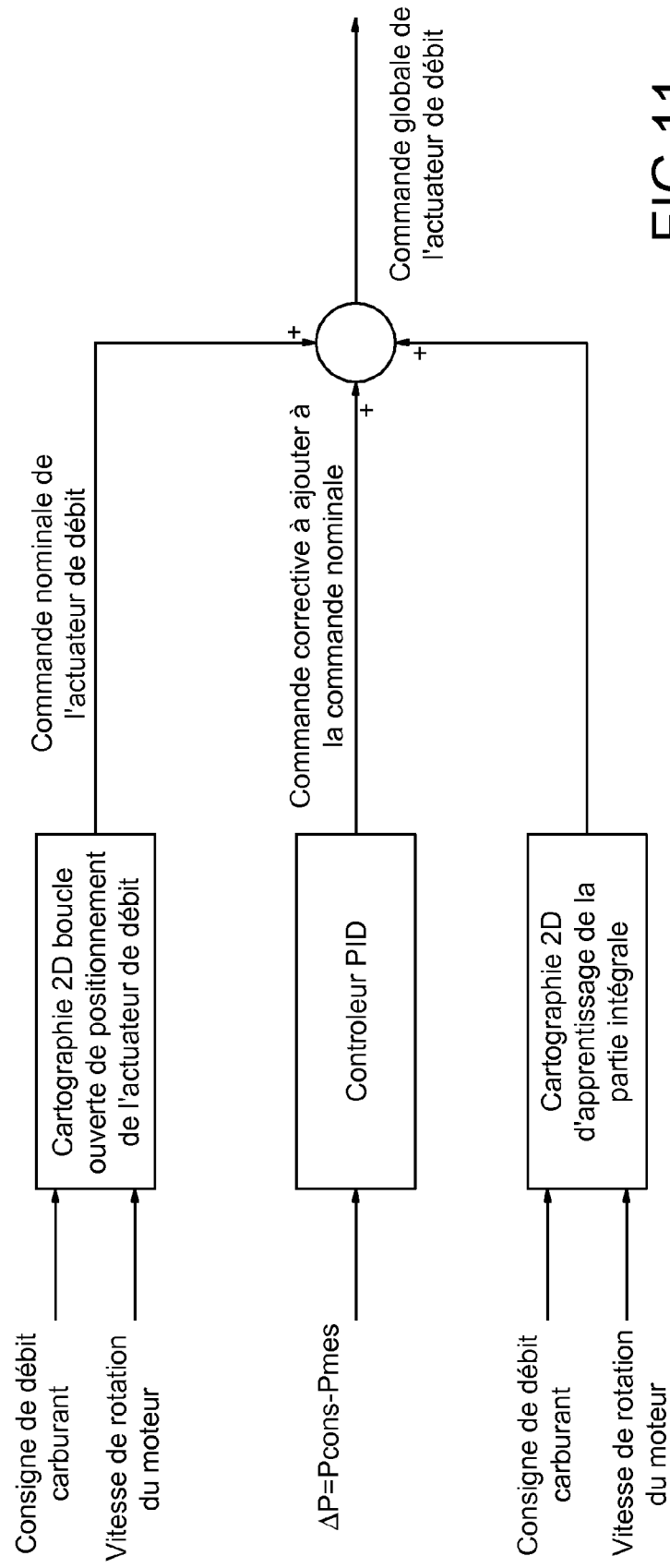


FIG.11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 08 30 5599

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	DE 10 2004 016724 A1 (SIEMENS AG [DE]) 27 octobre 2005 (2005-10-27)	1-3,10	INV. B01D35/143
A	* alinéa [0035] - alinéa [0048]; figures 1,4,5 *	4-9	F02D41/22
X	DE 101 62 989 C1 (SIEMENS AG [DE]) 9 octobre 2003 (2003-10-09)	1-3,10	ADD. F02D41/38 F02M37/22
A	* alinéa [0035] - alinéa [0048]; figures *	4-9	
A	DE 196 22 176 C1 (PORSCHE AG [DE]) 24 juillet 1997 (1997-07-24)	1,10	
	* colonne 3, ligne 20 - ligne 57 *		
A	DE 10 2004 049747 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 avril 2006 (2006-04-13)	1,10	
	* alinéas [0019], [0048] - [0051]; figures *		
A	FR 2 752 881 A (SIEMENS AG [DE]) 6 mars 1998 (1998-03-06)	1,4-7,10	
	* le document en entier *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F02D B01D F02M
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		30 janvier 2009	Aign, Torsten
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 08 30 5599

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.

30-01-2009

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102004016724 A1	27-10-2005	EP 1735673 A1	27-12-2006
		WO 2005098561 A1	20-10-2005
		US 2007213918 A1	13-09-2007
DE 10162989 C1	09-10-2003	AUCUN	
DE 19622176 C1	24-07-1997	AUCUN	
DE 102004049747 A1	13-04-2006	AUCUN	
FR 2752881 A	06-03-1998	DE 19634982 A1	12-03-1998
		US 6055961 A	02-05-2000

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2005098227 A [0006]
- FR 2787143 [0007]