

**Titre de l'invention** : Amélioration d'un dispositif de conversion au Bioéthanol agencé pour produire un signal d'injection adapté

5 **Domaine Technique**

L'invention concerne le domaine des véhicules automobiles et plus particulièrement dans ce domaine les dispositifs de conversion au Bioéthanol pour des moteurs à injection directe ou indirecte prévus initialement pour fonctionner avec un premier carburant, par exemple un carburant sans plomb. Les dispositifs de conversion permettent à un utilisateur de faire fonctionner  
10 le moteur avec un deuxième carburant de composition différente d'une composition du premier carburant, le deuxième carburant étant par exemple un carburant de type Bioéthanol ou un mélange d'un carburant sans plomb et d'un carburant de type BioEthanol. Les dispositifs de conversion permettent plus précisément de commander la durée d'ouverture des injecteurs, dans la mesure où l'utilisation du Bioéthanol nécessite l'injection de combustible supplémentaire pour  
15 obtenir des performances similaires à celles obtenues avec un carburant sans plomb. Ces dispositifs de conversion sont conçus pour ne pas perturber l'unité de commande ECU habituelle du moteur qui doit pouvoir fonctionner correctement, que le dispositif de conversion au Bioéthanol soit actif ou non, que le moteur soit alimenté en carburant sans plomb ou en Bioéthanol.

De manière connue, un tel dispositif de conversion est agencé pour recevoir un signal d'injection  
20 fourni par l'unité de commande ECU du moteur et transmettre aux injecteurs du moteur un signal d'injection adapté approprié pour injecter plus de combustible dans le moteur. Pour adapter le signal d'origine d'injection, le dispositif de conversion tient compte notamment du type de moteur et du type de carburant utilisé. Le signal d'injection est le plus souvent un signal de commande en courant, qui permet de commander l'ouverture d'un injecteur puis son maintien ouvert pendant  
25 une durée d'injection suffisante pour fournir au moteur le carburant dont il a besoin. Les dispositifs de conversion connus sont généralement spécifiques pour un type de moteur donné et tout au plus est envisagé un réglage manuel d'un paramètre par un potentiomètre lors de l'installation du dispositif de conversion sur le véhicule.

Les dispositifs de conversion connus sont généralement peu efficaces, notamment pour les raisons  
30 suivantes.

Pour les moteurs à injection, qui concernent aujourd'hui l'essentiel des véhicules automobiles en circulation, selon la technologie et la puissance du moteur, les signaux d'injection sont très spécifiques et très différents d'un moteur ou d'un type de moteur à l'autre, tant en ce qui concerne le profil d'onde (encore appelé forme d'onde) des signaux, que leur amplitude et leur durée. Il s'agit  
35 de signaux périodiques, de fréquence proportionnelle au régime (vitesse de rotation) du moteur. De plus, pour un même moteur, sur une période (on parle également de cycle d'injection), les

signaux d'injection peuvent en pratique varier énormément en amplitude et en durée ; ils peuvent avoir une tension qui peut atteindre quelques dizaines à une centaine de Volt, et un courant qui peut présenter des pointes comprises entre quelques Ampère et quelques dizaines d'Ampère et qui est nul ou quasi nul en fin de période d'injection. Ainsi, un dispositif de conversion classique figé  
5 lors de sa fabrication ne peut être utilisé que pour un type de moteur et il est nécessaire de prévoir autant de dispositifs de conversion que de types de moteur.

De plus, aujourd'hui, les motoristes optimisent le fonctionnement des moteurs en développant des moyens de régulation en temps réel de la consommation de carburant, tenant compte du carburant utilisé mais également de l'usage qui est fait du moteur et des conditions d'utilisation du  
10 moteur. Ainsi par exemple dans les véhicules automobiles, l'unité de commande du moteur produit les signaux d'injection d'origine en tenant compte en temps réel notamment de la puissance demandée au moteur et / ou de la charge du moteur et éventuellement de la température ambiante. Ceci a pour conséquence des signaux d'injection d'origine dont le profil d'onde, l'amplitude et la durée varient en temps réel à chaque cycle d'injection lors de l'utilisation  
15 du moteur. Dans ces conditions, éminemment variables, un dispositif de conversion classique peut être amené à modifier le signal d'injection d'origine à un moment inopportun du cycle d'injection, au risque d'entraîner une surconsommation inutile de carburant, voire d'endommager le moteur.

La demande de brevet PCT/EP2019/085468 décrit un dispositif et un procédé de conversion, dans lesquels, à chaque cycle d'injection, un instant de fin du signal d'origine d'injection est détecté et le  
20 signal complémentaire d'injection est fourni à l'injecteur après l'instant de fin du signal d'origine d'injection. Cette solution technique améliore l'instant d'injection du signal complémentaire de sorte que l'injecteur voit le moins possible le passage du signal d'origine au signal complémentaire.

Egalement, le profil d'onde, l'amplitude et la durée du signal complémentaire d'injection sont fonction de paramètres initiaux obtenus par des tests préalables sur le moteur ou sur une famille de  
25 moteurs, et mémorisés dans le dispositif de conversion lors de l'installation du dispositif sur le véhicule. Cette solution technique permet de fournir un signal d'injection complémentaire mieux adapté à un moteur donné.

Toutefois, l'expérience montre que cette technique n'est pas suffisante pour optimiser le fonctionnement du moteur et sa consommation énergétique en fonction d'une utilisation réelle du  
30 moteur.

### **Description de l'invention**

L'invention propose un nouveau dispositif de conversion d'un moteur à injection initialement prévu pour fonctionner avec un premier carburant, dispositif de conversion permettant à un utilisateur de  
35 faire fonctionner le moteur avec un deuxième carburant de composition différente d'une composition du premier carburant, le deuxième carburant étant par exemple un carburant de type

Bioéthanol, nouveau dispositif ne présentant pas tout ou partie des inconvénients des dispositifs de conversion antérieurs connus tels que décrits ci-dessus.

A cet effet, l'invention propose un nouveau dispositif de conversion agencé pour fournir, à partir d'un signal d'injection d'origine reçu d'une unité de commande du moteur, un signal d'injection

5 adapté à un injecteur du moteur.

Le dispositif de conversion selon l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend :

- un circuit d'analyse du signal d'injection d'origine comprenant un circuit de mesure du signal d'injection d'origine et un circuit de détection agencé pour détecter un instant de fin du signal d'injection d'origine lorsque le signal mesuré décroît et devient inférieur à un seuil de fin,

10 - un générateur de signal agencé pour produire un signal complémentaire d'injection à compter de l'instant de fin du signal d'injection d'origine, et

- un circuit de commutation agencé pour, successivement, transmettre à l'injecteur le signal d'injection d'origine puis fournir à l'injecteur le signal complémentaire d'injection, le signal d'injection d'origine et le signal complémentaire d'injection formant ensemble le signal d'injection

15 adapté.

Le dispositif de conversion selon l'invention est caractérisé en ce que le circuit d'analyse comprend également un circuit d'actualisation agencé pour actualiser une valeur du seuil de fin en fonction du signal mesuré. Le dispositif selon l'invention permet ainsi de fournir un signal complémentaire d'injection à la fin du signal d'injection d'origine et, en actualisant la valeur du seuil de fin en

20 fonction du signal d'injection d'origine, le dispositif de conversion tient compte en temps réel d'éventuelles variations de durée du signal d'injection tout au long du fonctionnement du moteur ; ainsi, la détection de fin du signal d'origine est plus précise que dans les dispositifs antérieurs de sorte que le signal complémentaire d'injection est toujours fourni au moment le plus opportun pour le moteur, y compris lors de variations des conditions de fonctionnement du moteur.

25 De préférence, le circuit d'actualisation est également agencé pour déterminer, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, une valeur maximale  $V_{max}$  et une valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré, et agencé pour actualiser une valeur d'un seuil haut HT et une valeur d'un seuil bas LT en fonction respectivement de la valeur maximale  $V_{max}$  et de la valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré, et le générateur de signal peut être agencé pour produire le signal complémentaire d'injection SC variant entre le seuil haut HT et le seuil bas LT. L'actualisation des seuils haut et bas en temps réels permet d'ajuster l'amplitude du signal d'injection complémentaire en temps réel lors du fonctionnement du moteur. Le dispositif de conversion fournit ainsi, en temps réel, un signal complémentaire qui a une amplitude la plus proche possible de l'amplitude réelle du signal d'injection d'origine tel que mesuré dans sa phase de régulation lors du fonctionnement du moteur

30 particulier sur lequel le dispositif de conversion est installé ; le signal complémentaire vient ainsi prolonger le signal d'origine de la manière la plus transparente possible pour le moteur et dans les

35

conditions réelles de fonctionnement du moteur ; l'efficacité du dispositif de conversion est ainsi encore optimisée.

Egalement, le circuit d'actualisation peut être agencé pour déterminer, dans la phase de régulation du signal d'injection d'origine, une période actualisée P du signal mesuré, et le générateur de signal peut être agencé pour produire le signal complémentaire d'injection périodique de période P. Le dispositif de conversion fournit ainsi, en temps réel, un signal complémentaire qui a un profil d'onde (signal périodique) le plus proche possible du profil d'onde réelle du signal d'injection d'origine tel que mesuré ; l'efficacité du dispositif de conversion est ainsi encore optimisée.

Selon un mode de réalisation encore, le circuit d'actualisation est agencé pour actualiser la valeur du seuil de fin FT, selon la relation  $FT = V_{min} - E * (V_{max} - V_{min})$ , où E est un paramètre de tolérance prédéfini.

L'invention concerne également un procédé de conversion comprenant l'utilisation d'un dispositif de conversion tel que décrit ci-dessus.

L'invention propose ainsi un dispositif de conversion à seuils autoadaptatifs, actualisés en temps réel pour prendre en compte en temps réel des conditions réelles de fonctionnement du moteur. Le dispositif de conversion selon l'invention produit ainsi un signal d'injection adapté optimisé, parfaitement adapté aux propriétés du deuxième carburant, au moteur et à son fonctionnement en temps réel.

## **Brève description des figures**

L'invention sera mieux comprise, et d'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description qui suit d'exemples de mises en oeuvre de l'invention. Ces exemples sont donnés à titre non limitatif. La description est à lire en relation avec les dessins annexés dans lesquels :

[Fig. 1] est un schéma électrique simplifié du dispositif selon l'invention dans son environnement

[Fig. 2] est un schéma électrique détaillant le dispositif selon l'invention

[Fig. 3] montre un exemple d'évolution du signal de commande d'injection fourni à un injecteur d'un moteur, par un dispositif de conversion connu

[Fig. 4] montre un exemple d'évolution du signal de commande d'injection fourni à un injecteur d'un moteur, par un dispositif de conversion selon l'invention

[Fig. 5] est une représentation schématique des étapes essentielles d'un procédé selon l'invention.

## **Description détaillée de modes de réalisation de l'invention**

Comme dit précédemment, l'invention concerne (fig. 1) un dispositif de conversion 1 adapté pour convertir un moteur à injection à un deuxième carburant de type Bioéthanol ou un mélange d'un

carburant sans plomb et de carburant de type Bioéthanol. Le dispositif de conversion est agencé pour fournir, à partir d'un signal d'injection d'origine SI, reçu d'une unité de commande ECU du moteur, un signal d'injection adapté SM à un injecteur 5 du moteur.

Les figures 1-2 montrent un mode de réalisation possible d'un dispositif de conversion selon

5 l'invention, volontairement simplifié par souci de clarté.

Comme dans le dispositif de conversion de D1, une paire de câbles d'entrée relie l'unité de commande ECU à des bornes d'entrée positive et négative (ou de masse) du dispositif de conversion (fig. 1) et une paire de câbles de sortie des bornes de sortie positive et négative (ou de masse) du dispositif de conversion à l'injecteur 5.

10 Le dispositif de conversion comprend (fig. 2) :

- un circuit d'analyse (60) du signal d'origine d'injection (SI) comprenant un circuit de mesure (61) du signal d'injection d'origine et un circuit (67) de détection agencé pour détecter un instant de fin (Tf) du signal d'injection d'origine lorsque le signal mesuré décroît et devient inférieur à un seuil de fin (FT),

15 - un générateur de signal (70) agencé pour produire un signal complémentaire d'injection (SC) à compter de l'instant de fin du signal d'injection d'origine, et

- un circuit de commutation (80) agencé pour, successivement, transmettre à l'injecteur le signal d'injection d'origine (SI) puis fournir à l'injecteur le signal complémentaire d'injection (SC), le signal d'injection d'origine (SI) et le signal complémentaire d'injection (SC) formant ensemble le

20 signal d'injection adapté (SM).

Dans l'exemple représenté (fig. 2) les bornes d'entrée et de sortie négatives du dispositif de conversion sont électriquement reliées entre elles. Le circuit de mesure 61 est agencé ici pour mesurer le courant instantané circulant entre bornes d'entrée et de sortie négatives du dispositif de conversion, c'est-à-dire dans la connexion de retour du signal d'injection de l'injecteur 5 vers l'unité

25 de commande ECU. Le circuit 61 fournit un signal mesuré qui est une image du signal d'injection d'origine SI : une amplitude du signal mesuré est proportionnelle à une amplitude du signal d'injection d'origine SI, une durée, une période et un instant de fin Tf du signal mesuré sont identiques respectivement à une durée, une période et un instant de fin du signal d'injection d'origine SI.

30 Le circuit de mesure 61, le circuit de détection (comparateur 67), le générateur de signal 70 et le circuit de commutation 80 sont par exemple réalisés selon l'enseignement de D1. Les figures 3 et 4 montrent schématiquement l'évolution dans le temps du signal d'injection d'origine SI (traits pleins) fourni par l'unité de commande ECU, et l'évolution dans le temps du signal complémentaire SC (traits pointillés) tel que produit par le générateur de signal 70, le signal résultant correspondant au

35 signal d'injection adapté SM tel que fourni à l'injecteur 5 (un seul cycle d'injection représenté). La figure 3 montre le signal SM produit par un dispositif de conversion conforme à l'enseignement de

D1, dans une situation critique. La figure 4 montre de manière similaire l'évolution du signal d'injection adapté SM produit par le dispositif de conversion selon l'invention.

Dans la pratique, comme dit précédemment, les signaux d'injection d'origine SI (traits pleins) sont assez différents d'un moteur à l'autre et selon les conditions de fonctionnement du moteur, tant  
5 dans leurs profils d'onde que dans leurs amplitudes ou dans leurs durées. Toutefois tous présentent, sur une première phase A correspondant à une commande d'ouverture de l'injecteur, suivie d'une deuxième phase B (communément appelée phase de claquage), correspondant à une commande de maintien de l'injecteur ouvert. Dans la première phase, le courant augmente en partant d'une valeur minimale, classiquement zéro Ampère, passe par une valeur maximale puis  
10 redescend. La valeur maximale est de l'ordre de quelques d'Ampère à quelques dizaines d'Ampère, selon le moteur. Dans la deuxième phase B, le courant est régulé et oscille entre deux valeurs, une valeur minimale et une valeur maximale, un jet de carburant sous pression étant projeté dans l'injecteur pendant toute la durée de la deuxième phase B. Pendant la phase de régulation B du signal d'injection d'origine, l'amplitude du signal d'origine peut varier de façon importante d'un  
15 moteur à l'autre : la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale du signal d'injection d'origine (différence communément appelée amplitude de claquage) peut ainsi varier de zéro (pas ou très peu d'oscillations) à quelques dizaines d'Ampère.

Dans le dispositif de conversion de D1, la fin du signal d'injection d'origine est détectée lorsque le signal d'injection d'origine décroît et devient inférieur à un seuil de fin FTO (fig. 3). Le seuil FTO est  
20 prédéfini, mémorisé dans le dispositif de conversion au moment de son installation sur un véhicule. Cependant, en cours de fonctionnement, le signal d'injection d'origine peut évoluer et le seuil FTO peut devenir inapproprié. Ainsi dans l'exemple de la fig. 3, où la valeur du seuil de fin FTO est bien inférieure à la valeur minimale du signal d'origine dans sa phase de régulation, la fin du signal d'origine (instant Tf0) est détectée tardivement de sorte que le signal complémentaire est généré  
25 tardivement. Dans un autre exemple (non représenté), où la valeur du seuil de fin FTO est bien supérieure à la valeur minimale du signal d'origine dans sa phase de régulation, le dispositif de conversion considère la fin du signal d'origine (instant Tf) bien avant la fin réelle du signal d'origine, interrompt la transmission du signal d'injection d'origine et fournit un signal complémentaire inapproprié, notamment ayant une durée très inférieure à la durée réelle du signal d'origine. Dans  
30 les deux cas, le signal fourni par le dispositif de conversion entraîne un mauvais fonctionnement de l'injecteur.

L'invention améliore le dispositif de D1 pour tenir compte du fait que le signal d'injection d'origine peut varier dans le temps en durée et en amplitude lors du fonctionnement d'un moteur. A cet effet, le circuit d'analyse 60 comprend un circuit d'actualisation 68b agencé pour déterminer des  
35 paramètres du signal mesuré par le circuit de mesure 61, et actualiser en temps réel des paramètres nécessaires à la production du signal complémentaire d'injection.

Selon une variante mise en oeuvre, le circuit d'analyse comprend une mémoire 68a pour mémoriser le signal mesuré, et le circuit d'actualisation 68b détermine des paramètres du signal mesuré et mémorisé. Selon une autre variante, non représentée, le circuit d'actualisation 68b détermine des paramètres du signal mesuré à la volée, au fur et à mesure de la mesure effectuée  
5 par le circuit 61.

Le circuit 68b d'actualisation peut également être agencé pour déterminer, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, une valeur maximale  $V_{max}$  et une valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré, et agencé pour actualiser une valeur d'un seuil haut HT et une valeur d'un seuil bas LT en fonction respectivement de la valeur maximale  $V_{max}$  et de la valeur minimale  $V_{min}$  du  
10 signal mesuré, et le générateur de signal 70 peut être agencé pour produire le signal complémentaire d'injection SC variant entre le seuil haut HT et le seuil bas LT. Le signal mesuré étant proportionnel en amplitude au signal d'injection d'origine, la valeur maximale  $V_{max}$  et la valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré sont proportionnelles respectivement à une valeur maximale et à une valeur minimale du signal d'injection d'origine SI. Ainsi, le signal complémentaire  
15 SC produit par le générateur 70 varie entre les mêmes extrémités haute et basse que le signal d'injection d'origine. Par mesure de sécurité, le circuit 68b peut être agencé pour actualiser la valeur du seuil haut HT à une valeur plafond HTM s'il détermine une valeur maximale  $V_{max}$  supérieure à une valeur maximale acceptable. De manière similaire, le circuit 68b peut être agencé pour actualiser la valeur du seuil bas LT à une valeur plancher LTm s'il détermine une valeur  
20 minimale  $V_{min}$  inférieure à une valeur maximale acceptable. Ceci permet de sécuriser les circuits situés en aval du circuit d'actualisation 68b, en cas de dysfonctionnement du circuit d'actualisation 68b ou de circuits situés en amont du circuit d'actualisation (par exemple le circuit de mesure 61).

Le circuit 68b d'actualisation peut encore être agencé pour déterminer, dans la phase de régulation du signal d'injection d'origine, une période actualisée P du signal mesuré, et le générateur de signal  
25 70 peut être agencé pour produire le signal complémentaire SC d'injection périodique de période P. Ainsi, le signal complémentaire SC produit par le générateur 70 a le même profil d'onde (signal périodique) que le signal d'injection d'origine.

Le circuit d'actualisation 68b est tout d'abord agencé pour actualiser une valeur du seuil de fin FT en fonction du signal mesuré par le circuit de mesure 61.

30 Selon un mode de réalisation mis en oeuvre, le circuit d'actualisation 68b est agencé pour déterminer, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, une valeur maximale  $V_{max}$  et une valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré, et est agencé pour actualiser la valeur du seuil de fin FT égal à  $FT = V_{min} - E * (V_{max} - V_{min})$ , où E est un paramètre de tolérance prédéfini. L'expérience montre qu'un paramètre de tolérance E choisi inférieur à 5% donne un fonctionnement correct de  
35 l'injecteur, et qu'un paramètre E choisi inférieur ou égal 3% conduit à un fonctionnement optimal à la fois de l'injecteur et du dispositif de conversion. Dans un exemple numérique concret, donné à titre d'exemple et nullement limitatif de l'invention, on considère un signal d'injection d'origine SI

dont le profil d'onde est similaire à celui représenté sur la figure 4. Dans la phase de régulation B, le signal d'origine SI varie entre une valeur minimale  $V_{min0} = 3,28$  A et une valeur maximale  $V_{max0} = 4$  A, et SI a une période P. L'amplitude de claquage  $Acl0$  du signal d'origine est définie par la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale du signal SI en phase de régulation :  $Acl0 = V_{max0} - V_{min0} = 0,72$  A. Le signal mesuré étant proportionnel au signal SI, les valeurs  $V_{min}$ ,  $V_{max}$  et  $Acl = V_{max} - V_{min}$  du signal mesuré sont égales respectivement à :  $V_{max} = K * V_{max0}$ ,  $V_{min} = K * V_{min0}$  et  $Acl = K * (V_{max0} - V_{min0})$  où K est un coefficient de proportionnalité. Et le seuil de fin FT =  $V_{min} - E * (V_{max} - V_{min})$  du signal mesuré correspond au seuil de fin  $FT0 = V_{min0} - E * (V_{max0} - V_{min0})$  du signal SI, soit dans l'exemple numérique  $FT0 = 3,28 - 0,03 * (0,72) = 3,26$  A si le paramètre de tolérance E est égal à 0,03 soit 3%.

Selon une alternative, le circuit d'actualisation est agencé pour déterminer, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, une valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré, et agencé pour actualiser la valeur du seuil de fin FT selon la relation  $FT = V_{min} - E0$ , où E0 est un paramètre de tolérance prédéfini. Cette alternative est plus facile à mettre en oeuvre, mais l'expérience montre qu'elle peut donner des résultats moins bons dans le temps, notamment si le signal d'injection d'origine varie beaucoup pendant le fonctionnement du moteur.

Le circuit de commutation 80 fournit le signal complémentaire d'injection produit par le générateur 70 après avoir transmis le signal d'injection d'origine. Dans la pratique, le signal complémentaire et le signal d'origine sont décalés d'une période de transition  $PT$  supérieure à la période P du signal d'origine. Le cas échéant, le générateur de signal 70 est de préférence agencé pour produire le signal complémentaire SC d'injection périodique de période P de sorte que la période de transition  $PT$  (fig. 4) entre le signal d'injection d'origine SI et le signal complémentaire d'injection SC soit inférieure à 1,2 fois, et de préférence inférieure à 1,1 fois, la période P. Le signal complémentaire est ainsi le plus transparent possible pour l'injecteur.

Selon un mode de mise en oeuvre, le dispositif de conversion selon l'invention comprend également une sonde (non représentée) agencée pour mesurer une richesse R du deuxième carburant et le générateur de signal 70 est agencé pour produire le signal complémentaire d'injection dont une durée est fonction de la richesse du deuxième carburant et de la durée du signal d'injection d'origine.

La durée du signal complémentaire est par exemple égale à  $DIC = TX * DI$ , où TX est un taux d'enrichissement et DI est une durée du signal d'injection d'origine.

TX est un taux fonction de la richesse du deuxième carburant. Il peut dépendre également de paramètres intrinsèques du moteur, de paramètres intrinsèques du véhicule (ex. poids, ...) dans lequel le moteur est installé voire de l'usage qui est fait du moteur (ex. circulation le plus souvent en ville ou autoroute). Dans un exemple, le taux d'enrichissement est choisi proportionnel à la richesse mesurée deuxième carburant :  $TX = TX0 * (R0 - R)$ , où  $R0$  et  $TX0$  sont des valeurs initiales prédéfinies de la richesse et du taux d'enrichissement. Le taux d'enrichissement TX peut être

actualisé par une mesure de la richesse R du deuxième carburant effectuée par la sonde de richesse réalisée lors du premier cycle d'injection au démarrage du moteur, ou bien plus régulièrement à chaque cycle d'injection tout au long du fonctionnement du moteur. Le taux d'enrichissement est choisi limité entre  $TX = 0$  à 40 %, et de préférence entre 10 et 30 % pour sécuriser l'injecteur.

- 5 DI est la durée du signal d'origine. Dans l'exemple de la figure 4, la durée du signal d'origine est déterminée entre l'instant de début et l'instant de fin du signal d'origine, c'est-à-dire entre le début de la phase A et la fin de la phase B du signal d'origine. En variante, dans le dispositif représenté sur la figure 2, la durée du signal d'origine est considérée entre le début et la fin de la phase de  
10 régulation du signal SI : un comparateur 63a est agencé pour détecter le début de la phase de régulation lorsque le signal mesuré décroît et devient inférieur au seuil haut HT, le comparateur 67 détecte la fin de la phase de régulation et un circuit de mesure 63c détermine la durée d'injection DI correspondant à la durée entre le début et la fin de la phase de régulation du signal SI.

- Par souci de simplification, un unique injecteur d'un moteur a été représenté sur la figure 1. Pour un moteur classique comprenant N injecteurs, par exemple quatre ou six injecteurs, le schéma de la  
15 figure 1 peut être dupliqué N fois : le dispositif de conversion selon l'invention alors comprend N paires de bornes d'entrée, chacune connectée à des paires de bornes correspondantes de l'unité de commande ECU, et N paires de bornes de sortie, chacune connectée à une paire de bornes d'un injecteur ; à l'intérieur du dispositif de conversion, le circuit d'analyse, le générateur de courant et le circuit de commutation peuvent être dupliqués de même, ce qui permet un pilotage de chaque  
20 injecteur indépendamment des autres. En variante, le dispositif selon l'invention peut comprendre N générateurs de courant et N circuit de commutation, un générateur de courant et un circuit de commutation étant associés à l'alimentation électrique de l'un des N injecteurs du moteur, et un unique circuit d'analyse 60 pour analyser le signal d'injection d'origine associé à l'un des N injecteurs et fournir des résultats d'analyse (seuil haut, seuil bas, ...) à chacun des N générateurs de  
25 courant.

- Le circuit d'analyse 60 peut encore comprendre une interface de communication 66, agencée pour échanger des informations avec un terminal distant (affichant par exemple une interface graphique pour un utilisateur) par des moyens connus comme par exemple une liaison filaire (par ex. liaison via un câble USB) ou une liaison sans fils (par ex. une liaison Bluetooth). Enfin, le circuit de d'analyse  
30 60 peut comprendre un circuit de commande 65 :

- agencé pour recevoir tous les signaux fournis par le circuit de mesure 61, le comparateur 67, le circuit 68 (comprenant la mémoire 68a et le circuit d'actualisation 68b) et, le cas échéant par le comparateur 63a et le circuit de mesure 63c,
- agencé pour recevoir des paramètres fournis éventuellement par un utilisateur (tel que un  
35 identifiant du moteur, le paramètre de tolérance E, des valeurs initiales du seuil haut HT, du seuil bas LT, du seuil de fin FT, de la richesse R et du taux d'enrichissement TX, la valeur minimale du seuil bas et la valeur maximale du seuil haut HT, le paramètre de tolérance E, la valeur minimale et

la valeur maximale du taux d'enrichissement TX, etc. ) et

- agencé pour produire un signal de commande pour piloter le générateur de signal 70.

Le circuit de commande 65 comprend notamment une mémoire de données, pour mémoriser les paramètres prédéfinis tels que le paramètre de tolérance, le taux d'enrichissement, etc. La

- 5 mémoire de données peut également mémoriser une base de données contenant, pour chaque moteur (ou type de moteur) connu et identifié par un identifiant, des paramètres initiaux associé au dit moteur tels que des valeurs initiales du seuil haut HT, du seuil bas LT, et du seuil de fin FT, la valeur minimale du seuil bas et la valeur maximale du seuil haut HT, le paramètre de tolérance E, la valeur minimale et la valeur maximale du taux d'enrichissement TX, , etc. Dans le cadre de
- 10 l'invention, la mémoire de données peut également mémoriser les valeurs actualisées des seuils haut HT et bas LT et / ou de la durée DCI du signal complémentaire fournies par le circuit 68b d'actualisation pour la production du signal complémentaire d'injection.

Le circuit de commande 65 comprend également une mémoire de programme comprenant une pluralité de lignes de code appropriées pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention et le

- 15 pilotage de l'ensemble des circuits du dispositif de conversion, tels que décrits ci-dessous.

Le dispositif de conversion selon l'invention peut être utilisé pour mettre en oeuvre un procédé de conversion selon l'invention, consistant à (fig. 5) :

- ET1 : mesurer le signal d'injection d'origine SI et détecter un instant de fin Tf du signal d'origine d'injection SI lorsque le signal mesuré décroît et devient inférieur à un seuil de fin FT,
- 20 - ET2 : produire un signal complémentaire d'injection SC à compter de l'instant de fin du signal d'injection d'origine SI, et
- ET3 : successivement, transmettre à l'injecteur le signal d'origine d'injection SI puis fournir à l'injecteur le signal complémentaire d'injection SC, le signal d'injection d'origine SI et le signal complémentaire d'injection SC formant ensemble le signal d'injection adapté SM,
- 25 procédé caractérisé en ce qu'il comprend également une étape ET4 consistant à :
- ET4 : actualiser une valeur du seuil de fin en fonction du signal mesuré.

- Les étapes ET1 (analyse du signal d'injection d'origine SI) et ET2 (production du signal complémentaire SC) sont réalisées successivement, l'étape ET3 (fourniture du signal SI puis du signal SC) est réalisée en parallèle des étapes ET1 et ET2. L'étape ET4 (actualisation du seuil de fin)
- 30 est réalisée en parallèle de l'étape ET1, de l'étape ET2 ou de l'étape ET3. L'étape ET1 peut également comprendre la mémorisation du signal mesuré.

Les étapes ET1 à ET3 sont répétées à chaque cycle d'injection, c'est-à-dire à chaque cycle du signal d'injection d'origine, de préférence pendant toute la durée de fonctionnement du moteur.

Concernant l'étape ET4 :

- 35 - l'étape ET4 peut être réalisée lors d'un premier cycle du signal d'injection d'origine ; cela permet d'actualiser à minima le seuil de fin du signal d'injection d'origine au moment du démarrage

du moteur ; et / ou

- l'étape ET4 peut être répétée à chaque cycle du signal d'injection d'origine ; cela permet actualiser en temps réel à minima le seuil de fin du signal SI pendant le fonctionnement du moteur.

De préférence, au cours de l'étape ET4, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, une valeur maximale  $V_{max}$  et une valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré sont déterminées et une valeur d'un seuil haut HT et une valeur d'un seuil bas LT sont actualisées en fonction respectivement de la valeur maximale  $V_{max}$  et de la valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré et, au cours de l'étape ET2, le signal complémentaire d'injection est produit variant entre le seuil haut (HT) et le seuil bas (LT).

- 10 De préférence également, au cours de l'étape ET4, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, est déterminée une période actualisée du signal mesuré et, au cours de l'étape ET2, le signal complémentaire d'injection (SC) est produit périodique de période P.

Au cours de l'étape ET4, la valeur du seuil de fin FT peut être actualisée, égal à  $FT = V_{min} - E * (V_{max} - V_{min})$ , où E est un paramètre de tolérance prédéfini.

- 15 Le procédé peut également comprendre une étape de paramétrage ET01, consistant à sélectionner au moins un paramètre parmi un ensemble de paramètres comprenant : un paramètre identifiant le moteur, un paramètre identifiant le type de moteur, un paramètre identifiant un carburant, un paramètre identifiant un type de carburant, le paramètre de tolérance, une valeur initiale du seuil haut HT, une valeur initiale du seuil bas LT, une valeur initiale du seuil de fin FT, une valeur initiale du taux d'enrichissement TX.

Les valeurs initiales du seuil haut HT, du seuil bas LT, du seuil de fin FT et / ou du taux d'enrichissement TX sont utilisées pour la première réalisation des étapes ET1 à ET3 ; en parallèle, les valeurs du seuil haut HT, du seuil bas LT, du seuil de fin FT et / ou du taux d'enrichissement TX sont déterminées et actualisées au cours de l'étape ET4 par le circuit d'actualisation 68b (acquisition). Les valeurs actualisées du seuil haut HT, du seuil bas LT, du seuil de fin FT et / ou du taux d'enrichissement TX sont ensuite disponibles pour les cycles d'injection suivants, et réactualisées régulièrement par le circuit d'actualisation.

- 30 L'étape de paramétrage ET01 peut être réalisée par un utilisateur, par exemple à l'aide d'une interface utilisateur (encore appelée interface homme/machine ou interface H/M) permettant à l'utilisateur d'entrer des paramètres ou des valeurs initiales de paramètres nécessaires au fonctionnement du dispositif de conversion. Ces paramètres initiaux permettent ensuite de calibrer les circuits de mesure, de paramétrer le circuit de détermination de seuils, le circuit de commande, etc.

## Liste des signes de référence

|    |            |                                                                      |
|----|------------|----------------------------------------------------------------------|
|    | 5          | injecteur                                                            |
|    | 6          | unité de commande                                                    |
|    | 60         | circuit d'analyse                                                    |
| 5  | 61         | circuit de mesure de courant                                         |
|    | 63a        | comparateur                                                          |
|    | 63c        | circuit de mesure du temps                                           |
|    | 65         | circuit de commande                                                  |
|    | 66         | interface de communication                                           |
| 10 | 67         | comparateur                                                          |
|    | 68         | circuit comprenant une mémoire 68a et un circuit d'actualisation 68b |
|    | 70         | générateur de signal                                                 |
|    | 80         | circuit de commutation                                               |
|    | 81, 82     | premier et deuxième dispositifs de protection                        |
| 15 | A, B       | première phase et deuxième phase d'un signal d'injection d'origine   |
|    | SI         | signal d'injection d'origine                                         |
|    | SC         | signal complémentaire d'injection                                    |
|    | SM         | signal d'injection adapté                                            |
|    | HT, LT, FT | seuil haut, seuil bas, seuil de fin                                  |
| 20 | HS, LS     | signaux produits par les comparateurs 63a, 63b                       |
|    | Vmax, Vmin | valeur maximale, valeur minimale du signal mesuré                    |
|    | E          | paramètre de tolérance                                               |
|    | R          | richesse                                                             |
|    | TX         | taux d'enrichissement                                                |
| 25 | DI         | durée du signal d'injection initial                                  |
|    | DIC        | durée du signal d'injection complémentaire                           |

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de conversion (1) pour un moteur à injection prévu initialement pour fonctionner avec un premier carburant, ledit dispositif de conversion permettant à un utilisateur de faire  
5 fonctionner le moteur avec un deuxième carburant de composition différente d'une composition du premier carburant, le deuxième carburant étant par exemple un carburant de type Bioéthanol ou un mélange de carburant sans plomb et de carburant de type Bioéthanol, ledit dispositif de conversion étant agencé pour fournir, à partir d'un signal d'injection d'origine (SI) reçu d'une unité de commande (ECU) du moteur, un signal d'injection adapté (SM) à un injecteur (5) du moteur,  
10 ledit dispositif de conversion (1) comprenant :
- un circuit d'analyse (60) du signal d'injection d'origine (SI) comprenant un circuit de de mesure (61) du signal d'injection d'origine et un circuit (67) de détection agencé pour détecter un instant de fin (Tf) du signal d'injection d'origine lorsque le signal mesuré décroît et devient inférieur à un seuil de fin (FT),  
15
  - un générateur de signal (70) agencé pour produire un signal complémentaire d'injection (SC) à compter de l'instant de fin du signal d'injection d'origine, et
  - un circuit de commutation (80) agencé pour, successivement, transmettre à l'injecteur le signal d'injection d'origine (SI) puis fournir à l'injecteur le signal complémentaire d'injection (SC), le signal d'injection d'origine (SI) et le signal complémentaire d'injection (SC) formant ensemble le  
20 signal d'injection adapté (SM),
- le dispositif de conversion étant caractérisé en ce que le circuit d'analyse (60) comprend également un circuit (68b) d'actualisation agencé pour actualiser une valeur du seuil de fin (FT) en fonction du signal mesuré.
2. Dispositif de conversion la revendication 1, dans lequel le circuit (68b) d'actualisation est  
25 également agencé pour déterminer, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, une valeur maximale  $V_{max}$  et une valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré, et agencé pour actualiser une valeur d'un seuil haut HT et une valeur d'un seuil bas LT en fonction respectivement de la valeur maximale  $V_{max}$  et de la valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré, et dans lequel le générateur de signal (70) est agencé pour produire le signal complémentaire d'injection (SC) variant  
30 entre le seuil haut (HT) et le seuil bas (LT).
3. Dispositif de conversion l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le circuit (68b) d'actualisation est également agencé pour déterminer, dans la phase de régulation du signal d'injection d'origine, une période actualisée P du signal mesuré, et dans lequel le générateur de signal est (70) agencé pour produire le signal complémentaire (SC) d'injection périodique de  
35 période P.
4. Dispositif de conversion selon la revendication 3, le générateur de signal est (70) agencé pour produire le signal complémentaire (SC) d'injection périodique de période P de sorte qu'une

période de transition PT entre le signal d'injection d'origine (SI) et le signal complémentaire d'injection (SC) soit inférieure à 1,2 fois, et de préférence inférieure à 1,1 fois, la période P.

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes dans lequel le circuit (68b) d'actualisation est agencé pour déterminer, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, une valeur maximale Vmax et une valeur minimale Vmin du signal mesuré, et est agencé pour actualiser la valeur du seuil de fin FT, égal à  $FT = Vmin - E * (Vmax - Vmin)$ , où E est un paramètre de tolérance prédéfini.
6. Dispositif selon la revendication 5 dans lequel le paramètre de tolérance E est choisi inférieur à 5% et de préférence inférieur à 3%.
7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, comprenant également une sonde agencée pour mesurer une richesse du deuxième carburant, le dispositif étant agencé pour produire le signal complémentaire d'injection dont une durée est fonction de la richesse du deuxième carburant.
8. Procédé de conversion pour un moteur à injection prévu initialement pour fonctionner avec un premier carburant, ledit procédé de conversion permettant à un utilisateur de faire fonctionner le moteur avec un deuxième carburant de composition différente d'une composition du premier carburant, ledit procédé de conversion comprenant l'utilisation d'un dispositif de conversion selon l'une des revendications précédentes agencé pour recevoir un signal d'injection d'origine d'une unité de commande (ECU) du moteur et produire un signal d'injection adapté (SM), le dit procédé de conversion comprenant la réalisation des étapes suivantes, consistant à :
- ET1 : mesurer le signal d'injection d'origine (SI) et détecter un instant de fin (Tf) du signal d'origine d'injection (SI) lorsque le signal mesuré décroît et devient inférieur à un seuil de fin (FT),
  - ET2 : produire un signal complémentaire d'injection (SC) à compter de l'instant de fin du signal d'injection d'origine (SI), et
  - ET3 : successivement, transmettre à l'injecteur le signal d'origine d'injection (SI) puis fournir à l'injecteur le signal complémentaire d'injection (SC), le signal d'injection d'origine (SI) et le signal complémentaire d'injection (SC) formant ensemble le signal d'injection adapté (SM), procédé caractérisé en ce qu'il comprend également une étape ET4 consistant à :
    - ET4 : actualiser une valeur du seuil de fin en fonction du signal mesuré.
9. Procédé selon la revendication 8 dans lequel les étapes ET1 à ET3 sont répétées à chaque cycle du signal d'injection d'origine.
10. Procédé selon l'une des revendications 8 à 9 dans lequel l'étape ET4 est réalisée en parallèle de l'étape ET1, de l'étape ET2 ou de l'étape ET3.
11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10 dans lequel :
- l'étape ET4 est réalisée lors d'un premier cycle du signal d'injection d'origine et / ou
  - l'étape ET4 est répétée à chaque cycle du signal d'injection d'origine.

12. Procédé selon l'une des revendications 8 à 11 dans lequel, au cours de l'étape ET4, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, une valeur maximale  $V_{max}$  et une valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré sont déterminées et une valeur d'un seuil haut HT et une valeur d'un seuil bas LT sont actualisées en fonction respectivement de la valeur maximale  $V_{max}$  et de la valeur minimale  $V_{min}$  du signal mesuré et, au cours de l'étape ET2, le signal complémentaire d'injection est produit variant entre le seuil haut (HT) et le seuil bas (LT).
13. Procédé selon l'une des revendications 8 à 12 dans lequel, au cours de l'étape ET4, dans une phase de régulation du signal d'injection d'origine, est déterminée une période actualisée du signal mesuré et, au cours de l'étape ET2, le signal complémentaire d'injection (SC) est produit périodique de période P.
14. Procédé selon la revendication 12 dans lequel, au cours de l'étape ET4, la valeur du seuil de fin FT est actualisée, égal à  $FT = V_{min} - E * (V_{max} - V_{min})$ , où E est un paramètre de tolérance prédéfini.