

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
30 août 2007 (30.08.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/096546 A2

(51) Classification internationale des brevets :
F02P 19/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2007/050747

(22) Date de dépôt international : 5 février 2007 (05.02.2007)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

0601610 23 février 2006 (23.02.2006) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **RE-NAULT S.A.S** [FR/FR]; 13-15, quai Alphonse Le Gallo, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **CO-LET, François** [FR/FR]; 293, rue de Bellevue, F-92700

Colombes (FR). **ROTH, Richard** [FR/FR]; 80, rue Rouget de Lisle, F-92000 Nanterre (FR). **PALANQUE, Nicolas** [FR/FR]; 30, avenue du Chateau, F-94300 Vincennes (FR).

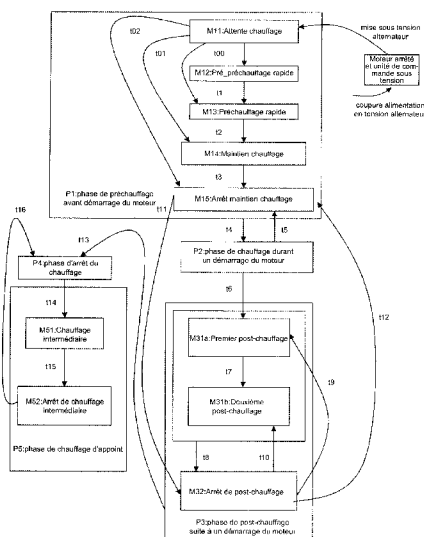
(74) Mandataire : **CAPRE, Didier**; Renault Technocentre, Sce 00267 TCR GRA 2 36, 1, avenue du Golf, F-78288 Guyancourt (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR CONTROLLING A LOW-VOLTAGE-POWERED PLUG FOR PREHEATING A DIESEL ENGINE AIR/FUEL MIXTURE

(54) Titre : PROCÉDE ET SYSTÈME DE COMMANDE D'UNE BOUGIE DE PRÉCHAUFFAGE, A ALIMENTATION A BASSE TENSION ÉLECTRIQUE, D'UN MÉLANGE AIR/CARBURANT DE MOTEUR DIESEL



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a low-voltage-powered plug (2) for preheating a diesel engine (1) air/fuel mixture. The plug (2) is powered by pulses having a predetermined amplitude and duration, said amplitude being less than a maximum amplitude (PWM_MAX). The amplitude and duration of the voltage pulses powering the plug (2) are controlled as a function of first parameters including the duration of the preceding pulses and the duration between successive preceding pulses.

(57) Abrégé : Procédé de commande d'une bougie de préchauffage (2), à alimentation à basse tension électrique, d'un mélange air/carburant de moteur diesel (1). Ladite bougie (2) est alimentée en tension électrique par des impulsions ayant une amplitude et une durée prédéterminées, et l'amplitude est inférieure à une amplitude maximale (PWM_MAX). On gère les amplitudes et les durées des impulsions de tension électrique alimentant ladite bougie (2) en fonction de premiers paramètres comprenant des durées d'impulsions précédentes et des durées séparant des impulsions successives précédentes.

- 1 Preheating phase prior to engine start
- 2 Heating stop phase
- 3 Intermediate heating
- 4 Intermediate heating stopped
- 5 Back-up heating phase
- 6 Awaiting heating
- 7 Rapid pre-preheating
- 8 Rapid preheating
- 9 Heating maintenance
- 10 Heating maintenance stopped
- 11 Heating phase during engine start
- 12 First post-heating
- 13 Second post-heating
- 14 Post-heating stopped
- 15 Post-heating phase after engine start
- 16 Application of power to alternator
- 17 Engine stopped and control unit powered on
- 18 Interruption of power to alternator

WO 2007/096546 A2



(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

**Procédé et système de commande d'une bougie de préchauffage, à
alimentation à basse tension électrique, d'un mélange
air/carburant de moteur diesel**

5 La présente invention porte sur un procédé et un système de commande d'une bougie de préchauffage, à alimentation à basse tension électrique, d'un mélange air/carburant de moteur diesel.

 Un moteur diesel exige une certaine température pour que la réaction de combustion du mélange air/carburant puisse s'effectuer.
10 Lorsque le moteur est froid, la seule compression du mélange air/carburant ne permet pas d'atteindre la température d'allumage, et il est alors nécessaire de préchauffer le mélange air/carburant au moyen de bougies de préchauffage.

 La température d'allumage est la température à partir de laquelle la réaction de combustion du mélange air/carburant devient
15 spontanée.

 Il existe des systèmes et des procédés de gestion du préchauffage du mélange air/carburant de moteur diesel utilisant des bougies de préchauffage haute tension commandées en tension
20 continue à partir de la tension électrique fournie par la batterie.

 On entend par bougie de préchauffage haute tension, une bougie qui est alimentée sous une tension nominale de 11 volts, et par bougie de préchauffage basse tension, une bougie qui est alimentée sous une tension nominale inférieure à 11 volts (4,5 Volts par
25 exemple).

 Les bougies de préchauffage haute tension mettent plus de temps que les bougies de préchauffage basse tension pour atteindre la température d'allumage du mélange air/carburant, car pendant la phase dite de BOOST du préchauffage, des bougies basse tension de 4,5

Volts nominal seront alimentées en surtension à 11 Volts. D'où une montée très rapide en température. C'est pourquoi la durée du BOOST (alimentation en surtension) doit être parfaitement maîtrisée pour éviter une surchauffe menant à la détérioration des bougies.

5 Il existe des systèmes et procédés de commande de bougies de préchauffage basse tension utilisant un capteur de température pour déterminer la température atteinte par la bougie. La présence d'un tel capteur de température présente un coût élevé.

10 En outre, une bougie de préchauffage basse tension ne peut supporter, sans risque de détérioration, deux phases intensives de chauffage trop rapprochées.

 Un but de l'invention est de proposer un procédé et un système améliorés de commande d'une bougie de préchauffage basse tension et de coût réduit.

15 Ainsi, selon un aspect de l'invention, il est proposé un procédé de commande d'une bougie de préchauffage, à alimentation à basse tension électrique, d'un mélange air/carburant de moteur diesel. Ladite bougie est alimentée en tension électrique par des impulsions ayant une amplitude et une durée prédéterminées, l'amplitude étant
20 inférieure à une amplitude maximale. On gère les amplitudes et les durées des impulsions de tension électrique alimentant ladite bougie en fonction de premiers paramètres comprenant des durées d'impulsions précédentes et des durées séparant des impulsions successives précédentes.

25 Ainsi, on tient compte des impulsions précédentes délivrées aux bougies de préchauffage, ce qui permet d'éviter des utilisations dans lesquelles celles-ci seraient détériorées.

Aussi, on évite l'utilisation d'un capteur de mesure de la température fournie par les bougies de préchauffage au mélange air/carburant.

5 En outre, lesdits premiers paramètres comprennent des paramètres de fonctionnement du moteur, et/ou une tension électrique disponible à partir de laquelle est fournie la tension électrique d'alimentation de ladite bougie, et/ou une information représentative de l'activation/désactivation de l'alternateur du moteur, et/ou une température souhaitée à fournir par ladite bougie.

10 Dans un mode de mise en œuvre, lesdits paramètres de fonctionnement du moteur comprennent la température du fluide caloporteur de régulation de la température du moteur, et/ou la pression atmosphérique, et/ou la température de l'air frais d'admission du moteur et/ou la vitesse de rotation du moteur.

15 De telles données sont généralement déjà disponibles car nécessaire au fonctionnement d'autres dispositifs embarqués à bord du véhicule.

Dans un mode de mise en œuvre, ladite gestion des impulsions comprend une phase de préchauffage pouvant être mise en œuvre avant
20 un démarrage du moteur lorsque l'alternateur est activé.

Dans un mode de mise en œuvre, ladite gestion des impulsions comprend une phase de chauffage pouvant être mise en œuvre durant un démarrage du moteur.

25 Dans un mode de mise en œuvre, ladite gestion des impulsions comprend une phase de post-chauffage pouvant être mise en œuvre à la suite d'un démarrage du moteur.

En outre, ladite gestion des impulsions comprend une phase d'arrêt de chauffage.

Avantageusement, ladite gestion des impulsions comprend une phase de chauffage d'appoint pouvant être mise en œuvre lors d'un fonctionnement établi du moteur.

5 Avantageusement, ladite phase de préchauffage comprend une étape de préchauffage rapide mise en œuvre par une desdites impulsions d'amplitude égale à ladite amplitude maximale.

10 Avantageusement, ladite phase de préchauffage comprend une pré-étape de préchauffage rapide mise en oeuvre par une desdites impulsions, d'une amplitude prédéterminée inférieure à ladite amplitude maximale.

15 En outre, on tient compte de la dispersion de fabrication de la bougie, en cartographiant la durée de l'impulsion de ladite étape de préchauffage rapide, lorsque la température souhaitée à fournir par la bougie est supérieure à une température de seuil, et en calculant la durée de l'impulsion de ladite étape de préchauffage rapide en fonction du carré du rapport d'une tension électrique de référence et de la tension électrique disponible à partir de laquelle est fournie la tension électrique d'alimentation de ladite bougie, et en fonction d'une durée de référence pour atteindre la température souhaitée à fournir par la bougie sous ladite tension électrique de référence à une température de référence.

20 Dans un mode de mise en œuvre, on tient compte de la dispersion de fabrication de la bougie, en augmentant progressivement l'amplitude de ladite impulsion de la phase de chauffage lors du démarrage du moteur.

25 Dans un mode de mise en œuvre, on augmente l'amplitude de ladite impulsion lorsque, lors du démarrage, la vitesse de rotation du moteur n'atteint pas une première vitesse de rotation prédéterminée en une première durée prédéterminée.

Par exemple, ladite augmentation progressive de l'amplitude de l'impulsion est une fonction de ladite amplitude de l'impulsion, et est inférieure à une augmentation maximale.

5 Avantageusement, on tient compte de l'usure temporelle de ladite bougie, en adaptant les amplitudes desdites impulsions au cours du temps, en utilisant un facteur correctif dépendant de l'écart entre une vitesse de rotation du moteur mesurée et une vitesse de rotation du moteur de référence pour un point de fonctionnement de référence du moteur.

10 Dans un mode de réalisation, on évalue la température fournie par ladite bougie et on adapte l'amplitude desdites impulsions prédéterminées en utilisant un régulateur à proportionnelle intégrale en boucle fermée.

15 Selon un autre aspect de l'invention, il est également proposé un système de commande de bougie de préchauffage à alimentation à basse tension électrique, d'un mélange air/carburant de moteur diesel, comprenant des moyens commandés d'alimentation en tension électrique de ladite bougie adaptés pour délivrer des impulsions ayant une amplitude et une durée prédéterminées, l'amplitude étant
20 inférieure à une amplitude maximale. Le système comprend, en outre, une unité de commande électronique munie de moyens de gestion desdits moyens d'alimentation, ladite unité de commande électronique étant apte à rester alimentée en tension pendant une durée prédéterminée après un arrêt du moteur. Lesdits moyens de gestions
25 comprennent des moyens de détermination de la valeur de premiers paramètres comprenant des durées d'impulsion précédentes et des durées séparant des impulsions successives précédentes.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, de quelques

exemples nullement limitatifs, et faisant en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente un mode de réalisation d'un système selon un aspect de l'invention ;
- 5 - la figure 2 est un schéma synoptique d'un procédé selon un aspect de l'invention ;
- la figure 3 illustre un exemple de fonctionnement d'un procédé selon un aspect de l'invention ;
- les figures 4, 5 et 6 illustrent la prise en compte de la dispersion de fabrication des bougies de préchauffage selon un aspect de l'invention ;
- 10 - la figure 7 illustre la prise en compte de la dispersion de fabrication des bougies dans un mode de mise en œuvre d'un procédé selon un aspect de l'invention ; et
- 15 - la figure 8 illustre la prise en compte de l'usure temporelle des bougies dans un procédé selon un mode de mise œuvre de l'invention.

Tel qu'illustré sur la figure 1, un moteur diesel 1 est muni de quatre bougies de préchauffage 2 à alimentation à basse tension électrique. Un alternateur 3 est lié au moteur diesel 1 par une connexion 3a, et une batterie électrique 4 permet d'alimenter en tension électrique le système, par des connexions 4a.

Un module commandé 5 d'alimentation en tension électrique des bougies de préchauffage 2 du moteur diesel 1 délivre des impulsions, ayant une amplitude et une durée prédéterminées, aux bougies de préchauffage 2.

Une unité de commande électronique 6 comprend un module de gestion 7 du module commandé 5 d'alimentation en tension électrique des bougies 2.

En variante, le module commandé 5 peut être un module appartenant à l'unité de commande électronique 6.

Des moyens de détermination, par exemple des capteurs ou des modules de calculs, permettent de déterminer des paramètres de fonctionnement du moteur 1, et de les transmettre, par une connexion 8 à l'unité de commande électronique 6.

Les paramètres de fonctionnement du moteur 1 comprennent la température T_{fc} du fluide caloporteur de régulation de la température du moteur 1, et/ou la pression atmosphérique P_{atm} , et/ou la température T_{air} de l'air frais d'admission du moteur 1, et/ou la vitesse de rotation V_{mot} du moteur 1.

L'unité de commande électronique 6 reçoit en outre comme paramètres d'entrée, la tension électrique disponible U_{bat} fournie par la batterie électrique d'alimentation 4, un paramètre P_{os_acc} représentatif de la position de la pédale d'accélération, et une information I_{a/d_alt} représentative de l'activation/désactivation de la l'alternateur 3 du moteur 1, respectivement par des connexions 9, 10 et 11.

En outre, l'unité de commande électronique 6 reçoit en entrée une température T_{bougie_des} souhaitée que les bougies de préchauffage 2 doivent fournir.

Par exemple, la température T_{bougie_des} à fournir par les bougies de préchauffage 2 est fournie par une cartographie 12 au moyen d'une connexion 12a, à partir de paramètres transmis à l'unité de commande électronique 6.

Le module de gestion 7 comprend un module de détermination 13 de la valeur de premiers paramètres comprenant des durées d'impulsions précédentes et des durées séparant des impulsions

successives précédentes délivrées par le module commandé 5 aux bougies de préchauffage 2.

Sur la figure 2, une phase P0 dans laquelle le moteur est arrêté, et l'unité de commande électronique 6 est sous tension ou non est représentée. Le système est dans cette phase P0 suite à une coupure d'alimentation en tension de l'alternateur 3, par exemple lorsque le contact est coupé au moyen de la clé de contact. Pendant une durée prédéterminée, généralement de l'ordre de dix minutes l'unité de commande électronique 6 reste sous tension, et au-delà de cette durée prédéterminée, l'unité de commande électronique 6 n'est plus sous tension.

Une phase P1 de préchauffage permet de mettre en oeuvre le chauffage du mélange air/carburant par les bougies de préchauffage 2 avant le démarrage du moteur 1.

Une phase P2 de chauffage durant un démarrage du moteur permet de mettre en oeuvre le chauffage du mélange air/carburant durant le démarrage du moteur 1.

Une phase P3 de post-chauffage suite à un démarrage du moteur 1 permet de mettre en oeuvre le chauffage du mélange air/carburant par les bougies de préchauffage 2 suite à un démarrage du moteur 1.

Une phase P4 d'arrêt du chauffage permet d'arrêter le chauffage du mélange air/carburant par les bougies de préchauffage 2.

En outre, une phase P5 de chauffage d'appoint permet de mettre en oeuvre un chauffage du mélange air/carburant, lorsque cela est nécessaire, en fonctionnement du moteur 1 en régime établi. Cela peut être nécessaire, par exemple lors d'un roulage en altitude, où la diminution de la pression atmosphérique (moins d'air) affecte les performances du moteur (dégradation de la combustion).

Lorsque le système se trouve dans la phase P0, et que l'alternateur 3 est mis sous tension électrique, par exemple en tournant une clé de contact dans le démarreur, on passe dans la phase P1 de préchauffage avant démarrage du moteur.

5 La phase P1 de préchauffage avant démarrage du moteur 1 comprend une étape M11 d'attente de chauffage, une étape M12 de pré-préchauffage rapide, une étape M13 de préchauffage rapide, une étape M14 de maintien de chauffage, et une étape M15 d'arrêt de maintien de chauffage.

10 Suivant l'état dans lequel se trouve le moteur 1, et la température désirée du mélange air/carburant fournie par les bougies de préchauffage 2, une pluralité de transitions entre les étapes de la phase P1 de préchauffage avant démarrage du moteur 1 sont possibles.

Lors de l'étape M11 d'attente de chauffage, l'amplitude de l'impulsion d'alimentation en tension électrique des bougies est nulle. En d'autres termes, l'amplitude de l'impulsion d'alimentation d'une bougie de préchauffage 2, exprimée en pourcentage de l'amplitude maximale PWM_MAX d'une impulsion d'alimentation vaut :
PWM_ATTENTE_CHAUFFAGE = 0%.

20 L'étape M12 de pré-préchauffage rapide permet, pour des questions de consommation électrique, d'alimenter les bougies de préchauffage 2 avec une amplitudes PWM-PRE-BOOST strictement inférieure à 100% pendant une durée TEMPS_PRE_BOOST.

Par ailleurs, il est possible de limiter l'amplitude PWM si la tension électrique U_{bat} de la batterie est trop forte, c'est-à-dire supérieure à une tension électrique de seuil U_s .

Ainsi, si U_{bat} est supérieure à U_s , on a :

$$PWM = PWM\_PRE\_BOOST \times \left(\frac{U_s}{U_{bat}} \right)^2$$

La durée TEMPS_PRE_BOOST de l'état M12 de préchauffage rapide dépend de durées d'impulsions précédentes et de durées séparant des impulsions successives précédentes, de la température T_{fc} du fluide caloporteur de régulation de la température du moteur 1, de la
5 température T_{air} de l'air frais d'amission du moteur 1, de la tension électrique disponible U_{bat} fournie par la batterie électrique 4, et de la pression atmosphérique P_{atm} .

L'étape M13 de préchauffage rapide est mise en œuvre au moyen d'une impulsion d'alimentation d'amplitude égale à l'amplitude
10 maximale PWM_MAX, ou en d'autres termes, exprimées en pourcentage de l'amplitude maximale PWM_MAX, une amplitude PWM_BOOST = 100% pendant une durée TEMPS_BOOST.

Par ailleurs, si la tension électrique U_{bat} fournie par la batterie est supérieure à la tension électrique de seuil U_s , il est possible de
15 limiter l'amplitude PWM d'alimentation des bougies 2.

L'étape M14 de maintien de chauffage permet de maintenir la température T_{bougie_des} souhaitée, et atteinte à la fin de la dernière étape M13 effectuée de préchauffage rapide.

La température souhaitée T_{bougie_des} est maintenue pendant une
20 durée TEMPS_MAINTIEN_CHAUFFAGE qui dépend de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la température désirée T_{bougie_des} , de la pression atmosphérique P_{atm} et de la température T_{air} de l'air frais d'admission.

L'amplitude PWM_MAINTIEN_CHAUFFAGE dépend de la
25 tension électrique U_{bat} fournie par la batterie 4 et de la température désirée T_{bougie_des} à maintenir. La température est dépendante de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la pression atmosphérique P_{atm} , et de la température T_{air} de l'air frais d'admission.

Si le démarrage n'a pas été activé une fois la durée maximale prédéterminée TEMPS_MAINTIEN_CHAUFFAGE_MAX écoulée, le chauffage est arrêté pour protéger les bougies de préchauffage 2.

5 L'étape M15 d'arrêt du maintien de chauffage correspond à une coupure du chauffage juste avant le lancement effectif de la phase P2 de chauffage durant un démarrage du moteur 1. Dans ce cas, l'amplitude PWM_ARRET_MAINTIEN_CHAUFFAGE = 0 % (coupure chauffage).

10 Lors de la phase P2 de chauffage durant un démarrage du moteur 1, l'amplitude PWM_CHAUFFAGE_DEMARRAGE dépend de la tension électrique U_{bat} fournie par la batterie 4 et la température $T_{bougies\_des}$ souhaitée. La température de démarrage souhaitée dépend de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la pression atmosphérique P_{atm} et de la température T_{air} de l'air d'admission.

15 La phase P3 de post-chauffage suite à un démarrage du moteur 1 comprend une étape M31 de post-chauffage comprenant deux étapes M31_a et M31_b de premier post-chauffage et de deuxième post-chauffage, et une étape M32 d'arrêt de post-chauffage.

20 Durant l'étape M31 de post-chauffage, pour des questions de fiabilité des bougies de préchauffage 2, ces dernières ne peuvent être maintenues à une température élevée pendant une durée trop longue.

Par exemple, si une bougie 2 peut supporter une température de 1000 ° C pendant trois minutes de post-chauffage, elle ne pourra peut-être pas supporter 1100° C pendant plus de 15 secondes seulement.

25 Deux sous-étapes M31_a et M31_b de post-chauffage sont donc utilisées. Une première sous-étape M31_a de post-chauffage de durée et de température réglables en fonction des conditions initiales du moteur, c'est-à-dire avant le démarrage. Et une seconde sous-étape

M31_b de post-chauffage de durée et de température variables selon les conditions de fonctionnement du moteur 1.

On a donc deux températures souhaitées de post-chauffage, TEMPERATURE_POST_CHAUFFAGE_1 et TEMPERATURE-
5 POST_CHAUFFAGE_2, auxquelles correspondent respectivement deux amplitudes de commande PWM_POST_CHAUFFAGE_1 et PWM_POST_CHAUFFAGE_2.

La température TEMPERATURE_POST_CHAUFFAGE_1 dépend de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la température
10 obtenue en fin de l'étape de préchauffage rapide M13, de la pression atmosphérique P_{atm} et de la température T_{air} de l'air d'admission du moteur 1.

La température TEMPERATURE_POST_CHAUFFAGE_2 dépend de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la température
15 TEMPERATURE_POST_CHAUFFAGE_1, de la pression atmosphérique P_{atm} , de la température T_{air} de l'air d'admission, de la vitesse V_{mot} de rotation du moteur, et du couple moteur C_{mot} .

Les amplitudes PWM des impulsions de commande PWM_POST_CHAUFFAGE_1 et PWM_POST_CHAUFFAGE_2
20 dépendent de la tension électrique U_{bat} fournie par la batterie 4 et des températures de post-chauffage respectives TEMPERATURE_POST_CHAUFFAGE_1 et TEMPERATURE_POST_CHAUFFAGE_2.

L'étape M32 d'arrêt de post-chauffage correspond à une coupure du chauffage fourni par les bougies de préchauffage 2,
25 l'amplitude des impulsions de commande est nulle ou en d'autres termes, exprimée en pourcentage de l'amplitude maximale, PWM_MAX, PWM_ARRET_POST_CHAUFFAGE = 0%.

La phase P4 d'arrêt du chauffage correspond à une amplitude de commande nulle ou en d'autres termes, exprimée en pourcentage de l'amplitude maximale, $PWM\_ARRET\_CHAUFFAGE = 0\%$.

5 La phase P5 de chauffage d'appoint comprend une étape M51 de chauffage intermédiaire, et une étape M52 d'arrêt de chauffage intermédiaire.

10 Durant l'étape M51 de chauffage intermédiaire, on sollicite l'assistance des bougies de préchauffage 2, par exemple lorsque la combustion se dégrade à cause d'un roulage en altitude, ou pour tout besoin particulier de thermique dans la chambre de combustion du moteur. La température de chauffage intermédiaire, à fournir par les bougies de préchauffage 2, dépend de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la pression atmosphérique P_{atm} , de la température d'admission d'air T_{air} , de la vitesse V_{mot} de rotation du moteur 1, et du couple

15 couple moteur C_{mot} . L'amplitude $PWM\_CHAUFFAGE\_INTERMÉDIAIRE$ dépend de la tension électrique U_{bat} fournie par la batterie 4 et de la température de chauffage intermédiaire T_{bougie_des} souhaitée.

20 L'étape M52 d'arrêt de chauffage intermédiaire correspond à une coupure du chauffage des bougies de préchauffage 2, avec une impulsion exprimée en pourcentage de l'amplitude maximale $PWM\_ARRET\_CHAUFFAGE\_INTERMÉDIAIRE = 0\%$.

L'enchaînement de ces différentes étapes et phases est faite par des transitions qui dépendent de différentes conditions.

25 La gestion des transitions t_i utilise des compteurs temporels. Les compteurs temporels considérés sont les suivants.

Les compteurs temporels peuvent être réalisés de manière logicielle, ou par des circuits électroniques spécifiques.

Un compteur temporel COMPTEUR_POWER_LATCH est initialisé à zéro à chaque entrée dans la phase P0, lorsque l'alimentation en tension de l'alternateur 3 est coupée, par exemple par une clé de contact.

5 Un compteur temporel COMPTEUR_MAINTIEN_CHAUFFAGE est initialisé à zéro à chaque entrée, par les transitions t_2 ou t_{02} , dans l'étape M14 de maintien de chauffage.

10 Un compteur temporel COMPTEUR_ARRET_MAINTIEN_CHAUFFAGE est initialisé à zéro à chaque entrée dans l'étape M15 d'arrêt du maintien de chauffage, par les transitions t_{03} ou t_3 , et à chaque sortie de la phase P1 de préchauffage par la transition t_4 .

Un compteur temporel COMPTEUR_POST_CHAUFFAGE est initialisé à zéro à chaque entrée dans l'étape M31 de post-chauffage, par la transition t_6 .

15 Un compteur temporel COMPTEUR_POST_CHAUFFAGE_1 est initialisé à zéro à chaque entrée dans la sous-étape M31a de premier post-chauffage, par la transition t_6 .

20 Un compteur temporel COMPTEUR_POST_CHAUFFAGE_2 est initialisé à zéro à chaque entrée dans la sous-étape M31b de deuxième post-chauffage, par la transition t_6 et à chaque retour dans la sous-étape M31b de deuxième post-chauffage par la transition t_{10} .

25 Un compteur temporel COMPTEUR_BOOST englobe les étapes M12 de pré-préchauffage et M13 de préchauffage rapide. Son incrémentation débute avec l'étape M12 de pré-préchauffage et se poursuit dans l'étape M13 de préchauffage rapide. Le comptage ou chronométrage se termine à la sortie de l'étape M13 de préchauffage rapide.

Le compteur COMPTEUR_BOOST repart toujours de la dernière valeur gardée en mémoire tant qu'il n'a pas été initialisé à

zéro. Le compteur temporel COMPTEUR_BOOST est initialisé à zéro à chaque fois que la somme des compteurs temporels COMPTEUR_POWER_LATCH + COMPTEUR_ARRET_MAINTIEN_CHAUFFAGE dépasse un seuil de temps $t_{\text{seuil\_ref}}$ nécessaire au refroidissement de la bougie, généralement de l'ordre de 1 à 4 minutes.

Un compteur temporel COMPTEUR_CHAUFFAGE_INTERMEDIAIRE est initialisé à zéro à chaque entrée dans l'étape M51 de chauffage intermédiaire par la transmission t_{14} .

Un compteur temporel COMPTEUR_ARRET_CHAUFFAGE_INTERMEDIAIRE est initialisé à zéro à chaque entrée dans l'étape M52 d'arrêt de chauffage intermédiaire, par la transition t_{15} .

Concernant la transition t_{00} , entre l'étape M11 d'attente de chauffage et l'étape M12 de pré-préchauffage rapide, on a la somme TEMPS_PRE_BOOST + TEMPS_BOOST, qui est une première fonction F1 de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la pression atmosphérique P_{atm} , de la température T_{air} de l'air d'admission, et de la tension électrique U_{bat} de la batterie.

De plus, le compteur temporel TEMPS_PRE_BOOST est une deuxième fonction F2 de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la de la pression atmosphérique P_{atm} , de la température T_{air} de l'air d'admission, et de la tension électrique U_{bat} fournie par la batterie 4, et le compteur temporel TEMPS_BOOST est une troisième fonction F3 de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la pression atmosphérique P_{atm} , de la température T_{air} de l'air d'admission, et de la tension électrique U_{bat} fournie par la batterie 4.

Lorsque F1 (T_{fc} ; P_{atm} ; T_{air} ; U_{bat}) est strictement positif, et que la somme COMPTEUR_POWER_LATCH + COMPTEUR_ARRET_MAINTIEN_CHAUFFAGE est supérieure au

seuil de temps $t_{\text{seuil\_ref}}$, alors la transition t_{00} est vraie, ou, en d'autres termes, la transition t_{00} est effectuée.

En outre, lorsque $F_1(T_{fc} ; P_{atm} ; T_{air} ; U_{bat})$ est strictement positif, que la somme COMPTEUR_POWER_LATCH +
 5 COMPTEUR_ARRET_MAINTIEN_CHAUFFAGE est inférieure au seuil de temps $t_{\text{seuil\_ref}}$, et que COMPTEUR_BOOST est inférieur à TEMPS_PRE_BOOST, alors la transition t_{00} est vraie, ou, en d'autres termes, la transition t_{00} est effectuée.

Concernant la transition t_{01} , lorsque $F_1(T_{fc} ; P_{atm} ; T_{air} ; U_{bat})$ est
 10 strictement positif, que la somme COMPTEUR_POWER_LATCH + COMPTEUR_ARRET_MAINTIEN_CHAUFFAGE est inférieure au seuil de temps $t_{\text{seuil\_ref}}$, et que TEMPS_PRE_BOOST est inférieur à COMPTEUR_BOOST qui est inférieur à TEMPS_PRE_BOOST + TEMPS_BOOST, alors la transition t_{01} est vraie, ou, en d'autres
 15 termes, la transition t_{01} est effectuée.

Pour la transition t_{02} , si $F_1(T_{fc} ; P_{atm} ; T_{air} ; U_{bat})$ est strictement positif, que $t_{\text{seuil\_mini}}$ est inférieur à la somme
 COMPTEUR_POWER_LATCH +
 COMPTEUR_ARRET_MAINTIEN_CHAUFFAGE, inférieure à $t_{\text{seuil\_ref}}$
 20 Et que COMPTEUR_BOOST est supérieur à la somme TEMPS_BOOST + TEMPS_PRE_BOOST, alors la transition t_{02} est effectuée.

Le délai de seuil minimum $t_{\text{seuil\_mini}}$ correspond au délai minimum qu'il faut attendre depuis la fin d'une étape de préchauffage
 25 rapide M13, pour pouvoir relancer une étape de préchauffage rapide M13 ou une étape de pré-préchauffage rapide M12.

La transition t_{03} est effectuée lorsque la température T_{fc} du fluide caloporteur, la pression atmosphérique P_{atm} et la température

T_{air} de l'air d'admission, sont telles que la phase P1 de préchauffage est inutile.

Lorsque $F_1 (T_{fc} ; P_{atm} ; T_{air} ; U_{bat})$ est nul, ou si la somme COMPTEUR_POWER_LATCH +

5 COMPTEUR_ARRET_MAINTIEN_CHAUFFAGE est inférieure à t_{seuil_mini} , et que COMPTEUR_BOOST est supérieur à la somme TEMPS_BOOST + TEMPS_PRE_BOOST, alors la transition t_{03} est effectuée.

10 La transition t_1 est une transition de l'étape de pré-préchauffage rapide M12 à l'étape de préchauffage rapide M13.

Si COMPTEUR_BOOST est supérieur à TEMPS_BOOST, alors la transition t_1 est effectuée et l'étape de préchauffage rapide M13 débute.

15 La transition t_2 représente le passage de l'étape de préchauffage M13 à l'étape de maintien de chauffage M14.

Lorsque COMPTEUR_BOOST est supérieur à la somme TEMPS_PRE_BOOST + TEMPS_BOOST, la transition t_2 est effectuée, et l'étape de préchauffage rapide M13 se termine.

20 La transition t_3 représente l'arrêt du préchauffage, pour préserver l'état des bougies de préchauffage 2, si le démarrage n'a pas commencé au-delà d'une durée maximale TEMPS_MAINTIEN_CHAUFFAGE_MAX.

25 Si COMPTEUR_MAINTIEN_CHAUFFAGE est supérieur à TEMPS_MAINTIEN_CHAUFFAGE_MAX, la transition t_3 est effectuée, et le maintien du chauffage est arrêté.

Concernant la transition t_4 , si le moteur est en phase de démarrage et que la température du moteur 1 est inférieure à une température de seuil maximale T_{seuil_max} , ou si la température du moteur 1 est inférieure à une température de seuil maximale T_{seuil_max}

et la vitesse V_{mot} de rotation du moteur 1 est supérieure à une vitesse de rotation de seuil minimale $TV_{\text{seuil\_mini}}$, la transition t_4 est effectuée, et la phase P2 de chauffage durant un démarrage du moteur 1 se réalise.

5 La transition t_5 est effectuée lorsque durant la phase P2 de chauffage durant un démarrage du moteur 1, le moteur 1 a calé, et l'étape M15 d'arrêt du maintien du chauffage est effectuée.

 La transition t_6 est effectuée lorsque le moteur 1 est considéré comme autonome, après avoir démarré, et la phase P3 de post-chauffage est alors activée.

10 La transition t_7 est effectuée à la fin de la première sous-étape M31a de post-chauffage.

 La durée TEMPS_POST_CHAUFFAGE_1 de la première sous-étape M31a de post-chauffage est une fonction F_4 de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la pression atmosphérique P_{atm} , de la

15 température T_{air} de l'air d'admission, désirée en fin de l'étape M13 de préchauffage rapide.

 Si COMPTEUR_POST_CHAUFFAGE_1 est supérieur à $F_4(T_{ge}; P_{\text{atm}}; T_{\text{air}}; T_{\text{boost}})$, la transition t_7 est effectuée, l'étape M31a de premier post-chauffage est arrêtée, pour passer à l'étape M31b de

20 deuxième post-chauffage.

 La transition t_8 entraîne l'arrêt de l'étape M31 de post-chauffage, soit parce que la durée TEMPS_POST_CHAUFFAGE_2 de la deuxième sous-étape M31b de post-chauffage est écoulée, soit parce

25 que la vitesse de rotation V_{rot} et le couple C_{mot} du moteur sont trop élevés.

 La durée TEMPS_POST_CHAUFFAGE_2 de la deuxième sous-étape M31b de post-chauffage est une fonction F_5 de la température T_{fc} du fluide caloporteur, de la pression atmosphérique P_{atm} , de la

température T_{air} d'admission d'air, et de la température supposée atteinte à la fin de la sous-étape M31a de premier de post-chauffage.

Si COMPTEUR_POSTCHAUFFAGE_2 est supérieur à TEMPS_POST_CHAUFFAGE_2 (avec TEMPS_POST_CHAUFFAGE2 = F5(T_{gc} ; P_{atm} ; T_{air} ; TEMPERATURE_POST_CHAUFFAGE_1)), ou si la vitesse de rotation V_{mot} du moteur 1 est supérieure à une vitesse de rotation maximale V_{max} et/ou le couple du moteur C_{mot} est supérieur à un couple moteur maximal C_{max} , ou si le moteur a calé, alors la transition t_8 est effectuée, et le post-chauffage est arrêté.

La transition t_9 permet de réactiver la sous-étape M31a de premier post-chauffage, tant que la durée TEMPS_POST_CHAUFFAGE_1 n'est pas écoulée.

Si COMPTEUR_POST_CHAUFFAGE_1 est inférieur à TEMPS_POST_CHAUFFAGE_1, et que la vitesse de rotation V_{mot} du moteur 1 est inférieure à une vitesse minimale V_{min} de rotation, et/ou que le couple moteur C_{mot} est inférieur à un couple moteur minimum C_{min} , alors la transition t_9 est effectuée et la première sous-étape M31a de post-chauffage est réactivée.

La transition t_{10} permet de réactiver la sous-étape M31b de deuxième post-chauffage tant que la durée maximale de post-chauffage autorisée DUREE_MAX_POST_CHAUFFAGE n'est pas écoulée.

Lorsque COMPTEUR_POST_CHAUFFAGE est inférieur à DUREE_MAX_POST_CHAUFFAGE, que la vitesse de rotation V_{mot} du moteur 1 est inférieure à la vitesse de rotation minimale V_{min} , et/ou que le couple moteur C_{mot} est inférieur au couple minimum C_{min} , la transition t_{10} est effectuée, et l'étape M31b de deuxième post-chauffage est réactivée.

La transition t_{11} permet d'omettre l'étape M31 de post-chauffage si la température du moteur 1 ou température du mélange air-carburant dans le moteur 1 est suffisamment élevée.

5 Si la température du mélange air-carburant est supérieure à une température $T_{\text{seuil\_min}}$ de seuil minimum, et que le moteur n'a pas calé, la transition t_{11} est effectuée, et l'étape M32 d'arrêt de post-chauffage est activée.

10 La transition t_{12} est effectuée si l'alternateur est sous-tension (par exemple par mise du contact par la clé de contact), et que le moteur a calé.

Lorsque la transition t_{12} est effectuée, l'étape M15 d'arrêt du maintien de chauffage est réactivée.

15 La transition t_{13} permet d'arrêter définitivement la phase P3 de post-chauffage.
Si COMPTEUR_POST_CHAUFFAGE est supérieur à DUREE_MAX_POST_CHAUFFAGE, la transition t_{13} est effectuée, et la phase P3 de post-chauffage est arrêtée définitivement. La phase P4 d'arrêt du chauffage est activée.

20 La transition t_{14} est effectuée si la température d'eau du moteur est inférieure à la température $T_{\text{seuil\_min}}$ de seuil minimum, que le couple moteur C_{mot} est inférieur au couple moteur minimum C_{min} , que la pression atmosphérique P_{atm} est inférieure à une pression de seuil minimale P_{min} , et que la tension électrique U_{bat} fournie par la batterie 4 est inférieure à une tension électrique de seuil minimum V_{min} .

25 La transition t_{14} peut également être effectuée à travers une demande d'assistance à l'alternateur pour répondre à tout besoin particulier de thermique dans la chambre de combustion du moteur.

On a alors l'étape M51 de chauffage intermédiaire qui est activée.

La transition t_{15} permet d'arrêter le chauffage intermédiaire au-delà d'une durée TEMPS_CHAUFFAGE_INTERMEDIAIRE prédéterminée, dépendant des conditions de fonctionnement du moteur 1.

5 Lorsque COMPTEUR_CHAUFFAGE_INTERMEDIAIRE est supérieur à TEMPS_CHAUFFAGE_INTERMEDIAIRE, la transition t_{15} est effectuée, et l'étape M52 d'arrêt de chauffage intermédiaire est activée.

10 La transition t_{16} est effectuée si la température du mélange air/carburant est supérieure à la température de seuil minimum $T_{\text{seuil\_min}}$, ou si le couple moteur C_{mot} est supérieur au couple moteur minimum C_{min} , ou si la pression atmosphérique P_{atm} est supérieure à la pression de seuil minimum P_{min} , ou si le compteur temporel COMPTEUR_ARRET_CHAUFFAGE_INTERMEDIAIRE est supérieur
15 à un seuil minimum DUREE_CHAUFFAGE_INTERMEDIAIRE_MIN

Le chauffage est alors arrêté.

La figure 3 illustre un exemple de fonctionnement selon un aspect de l'invention.

20 A un instant i_1 , l'étape M12 de pré-préchauffage rapide débute avec une alimentation des bougies ayant une amplitude de PMW_PRE_BOOST% de l'amplitude maximale PWM_MAX, et une durée TEMPS_PRE_BOOST. A la fin de cette étape, la température des bougies 2 ou du mélange air/carburant a augmenté à $T_{\text{pre\_boost}}$.

25 A l'instant $i_2 = i_1 + \text{TEMPS\_PRE\_BOOST}$, l'étape M13 de préchauffage rapide est activée, avec une alimentation des bougies 2 d'amplitude maximale PWM_MAX, pendant une durée TEMPS_BOOST. La température du mélange air/carburant du moteur a fortement augmenté durant l'étape M13 de préchauffage rapide, pour atteindre T_{boost} .

A l'instant $i_3 = i_2 + \text{TEMPS\_BOOST}$, l'étape M14 de maintien de chauffage est activée, afin de maintenir la température des bougies 2 ou du mélange air/carburant à la température T_{boost} . A ces fins, l'amplitude de l'alimentation des bougies de préchauffage 2 vaut

5 PWM_MAINTIEN_CHAUFFAGE % de PWM_MAX, jusqu'à l'instant i_4 auquel débute la phase P2 de démarrage du moteur 1.

Durant la phase P2 de démarrage du moteur, l'amplitude de l'alimentation des bougies vaut PWM_CHAUFFAGE_DEMARRAGE% de PWM_MAX, jusqu'à un instant i_5 de début de l'étape M31a de premier post-chauffage suite au démarrage du moteur 1.

10

Ainsi, jusqu'à l'instant i_6 , de fin de l'étape M31a de premier post-chauffage, l'alimentation des bougies a une amplitude égale à PWM_POST_CHAUFFAGE1_A% de PWM_MAX.

De l'instant i_6 à un instant i_7 , l'étape M31b de deuxième post-chauffage est activée, avec une alimentation d'amplitude PWM_POST_CHAUFFAGE2% de PWM_MAX.

15

Enfin, de l'instant i_7 à un instant i_8 , l'étape M31a de premier post-chauffage est réactivée, avec une amplitude de l'alimentation des bougies de préchauffage 2 égale à PWM_POST_CHAUFFAGE1_B% de PWM_MAX.

20

Ainsi, la température du mélange air/carburant est rapidement amenée à un niveau permettant un démarrage du moteur 1, et de maintenir une telle température après le démarrage du moteur 1.

Une difficulté réside dans l'étalonnage de la durée de l'étape M13 de préchauffage rapide en tenant compte des dispersions de fabrication des bougies de préchauffage 2.

25

Comme illustré sur les figures 4 et 5, les dispersions de fabrication (bougie mini/bougie maxi) peuvent être importantes si la

température exigée en fin d'étape M13 de préchauffage rapide est supérieure à une température de seuil T_s .

En effet, en dessous de la température de seuil T_s , la dispersion de fabrication entre une bougie 2 chauffant le plus (bougie maxi) et une bougie 2 chauffant le moins (bougie mini) n'a aucun effet.

Si la température désirée en fin d'étape M13 de préchauffage rapide est supérieure à T_s (figure 4), la durée TEMPS_BOOST de l'étape M13 de préchauffage rapide est déterminée à partir d'une cartographie comprenant comme paramètres d'entrée la température T_{fc} du fluide caloporteur, la pression atmosphérique P_{atm} , la température T_{air} de l'air d'admission et la tension électrique U_{bat} fournie par la batterie 4.

Si la température désirée en fin d'étape M13 de préchauffage rapide est inférieure à T_s (figure 5), la durée TEMPS_BOOST de l'étape M13 de préchauffage rapide est régie par l'équation :

$$TEMPS\_BOOST = TEMPS\_REF \left(\frac{U_{bat\_ref}}{U_{bat}} \right)^2 \quad (1)$$

dans laquelle :

TEMPS_BOOST est la durée de l'étape M13 de préchauffage rapide,

U_{bat} est la tension fournie par la batterie.

TEMPS_REF est une durée de référence pour atteindre la température désirée de la bougie sous une tension de référence de la batterie 4, et à une température ambiante de 20°C.

U_{bat_ref} est la tension de référence de la batterie.

En outre, il est possible d'effectuer un correctif de l'amplitude de PWM de l'alimentation des bougies 2.

La figure 4 illustre les caractéristiques de dispersion de fabrication des bougies 2. Il apparaît que la température désirée en fin de l'étape M13 de préchauffage rapide peut ne pas être garantie avec

des bougies mini fournissant une température minimale dans l'intervalle de températures dues à la dispersion de fabrication. Un fort risque de mauvais ou de non démarrage existe alors.

5 Afin de pallier à ce risque de mauvais ou de non démarrage, on augmente progressivement l'amplitude PWM de l'alimentation en tension électrique appliquée aux bougies, en cas de détection d'un mauvais démarrage, ou d'un non démarrage.

10 Lorsque le moteur entre en phase de démarrage, les bougies 2 sont censées être alimentées en régime établi, avec une amplitude PWM d'alimentation inférieure à 100% (comme illustré sur la figure 6).

Dans ce cas, toute augmentation maîtrisée de l'amplitude PWM d'alimentation ou tension électrique appliquée aux bougies 2 (qu'elles soient mini ou maxi) n'entraîne pas de surchauffe exagérée.

15 Par conséquent, si en phase de démarrage (étape 20), la vitesse de rotation V_{mot} du moteur 1 n'atteint pas la vitesse de rotation minimum V_{min} en un temps donné td_{min} (étape 21), l'amplitude PWM est corrigée, comme explicité sur la figure 7, afin d'augmenter progressivement la température de la bougie.

20 Un correctif prédéterminé p , exprimé en pourcentage, dépendant de la valeur de l'amplitude PWM en cours, est appliqué (étape 22).

25 Il en découle une correction X_i , régie par $X_{i+1}=X_i+p$ (étape 23) servant à corriger les amplitudes prédéterminées PWM d'un facteur multiplicatif $1+ X_{i+1}$ (étape 25).

Par ailleurs, X_i ne peut pas dépasser une valeur maximale X_{max} (étapes 24 et 26) prédéterminée, afin de garantir la protection des bougies 2.

La dernière correction X_i appliquée à l'amplitude PWM d'alimentation avant que le moteur 1 soit reconnu autonome, est stockée en mémoire (étapes 27). Elle est directement utilisée à l'itération suivante (étape 29).

5 L'adaptation prend fin dès que le moteur 1 devient autonome (étape 28), car le processus ne concerne que l'amplitude PWM lors du démarrage.

Ainsi, cet apprentissage permet d'assurer un démarrage avec des bougies mini présentant une température T_{boost} de fin de
10 préchauffage rapide bien inférieure à celle obtenue avec des bougies nominales.

D'autre part, comme représenté sur la figure 6, le temps TEMPS_BOOST de préchauffage rapide peut être calé sur une bougie maxi, afin de permettre de limiter la montée en température ou
15 surchauffe des bougies maxi lors de l'application du procédé. Si nécessaire, l'apprentissage peut être effectué sur plusieurs démarrages.

Il pourrait, en outre, être envisagé de réaliser des corrections dépendant de paramètres de fonctionnement du moteur 1.

En outre, il est possible de tenir compte de l'altération des
20 bougies de préchauffage 2 et de leurs modifications de fonctionnement avec le temps (figure 8).

Des bougies de préchauffage vieillissantes peuvent fortement altérer le fonctionnement du moteur 1 (mauvais démarrage, instabilités du ralenti, besoins de combustion en altitude non satisfaits, ...).

25 Ainsi, pour pallier à ces différents types d'inconvénients, l'amplitude PWM appliquée aux bougies 2 au cours du temps est adaptée aux modifications de comportement des bougies 2.

La vitesse V_{mot} de rotation du moteur est analysée dans des conditions de fonctionnement du moteur 1 au ralenti (étapes 30 et 31).

Une analyse peut être effectuée en post-chauffage, ou en chauffage intermédiaire. A cet égard, une condition de passage en chauffage intermédiaire peut être une demande d'apprentissage.

5 Il faut vérifier l'absence de pannes et la non activation de stratégies susceptibles de perturber les mesures nécessaires (étapes 32, 33 et 34).

La vitesse V_{mot} de rotation du moteur est fournie par un capteur de vitesse de rotation du moteur 1. La vitesse V_{mot} peut être évaluée en moyenne sur un ou plusieurs cycles de deux tours moteur lorsque les conditions de fonctionnement requises du moteur 1 sont remplies (étape 35).

10 La vitesse moyenne de référence V_{ref} est par exemple établie lorsque le moteur est neuf. L'amplitude PWM est corrigée lorsque l'écart ΔV entre la vitesse moyenne mesurée V_{moy} et la vitesse de référence V_{ref} dépasse un seuil minimum ΔV_{min} . L'adaptation s'effectue tant que les conditions requises sont réalisées et tant que l'écart en valeur absolue reste supérieur au seuil ΔV_{min} prédéterminé (étape 36 et 37).

20 Si l'écart est positif (étape 38), on tente d'augmenter les amplitudes PWM (étapes 39 et 40).

Si au contraire l'écart est négatif (étape 38), on tente de réduire les amplitudes PWM (étapes 41 et 40).

25 Un correctif p , exprimé en pourcentage, dépendant de la valeur de l'amplitude PWM en cours, est appliqué. En découle une correction X_i , qui est telle que $X_{i+1}=X_i+p$ lorsqu'on tente d'augmenter les amplitudes PWM (étapes 39 et 40), et telle que $X_{i+1}=X_i-p$ lorsqu'on tente de réduire les amplitudes PWM (étapes 41 et 40).

Par ailleurs, X_i ne peut pas dépasser une valeur maximale $X_{\max}$ prédéterminée (étapes 42 et 43), afin de garantir la protection des bougies de préchauffage 2.

5 La dernière correction X_i appliquée à l'amplitude PWM est gardée en mémoire. A l'itération suivante, le facteur correctif $F_{\text{COR}}=1+X_i$ est appliqué aux PWM prédéterminées lors du chauffage des bougies (étape 44).

10 En variante, la gestion de l'amplitude commandée de la tension d'alimentation fournie aux bougies, peut être adaptée automatiquement à l'aide d'un correcteur ou régulateur PI (Proportionnel Intégral).

A ces fins, une information représentative de la température des bougies 2 ou du mélange air/carburant doit être retournée à l'unité de commande électronique 6.

15 Soit les bougies 2 et/ou le module de commande 5 sont équipés d'un dispositif qui permet de mesurer directement la température des bougies, soit le module de commande 5 est équipé d'un dispositif permettant de mesurer ou d'estimer la tension électrique U et le courant électrique I consommés par l'élément chauffant de la bougie.

20 Le rapport U/I permet de déduire la résistance instantanée de l'élément chauffant, et à cette valeur de résistance instantanée correspond une valeur de température de la bougie ou du mélange air/carburant.

25 La détermination d'une consigne de température pour chaque étape ou phase de chauffage au lieu d'une amplitude PWM de commande est prédéterminée en fonction des conditions de fonctionnement moteur (température T_{fc} du fluide caloporteur, température de l'air d'admission, pression atmosphérique P_{atm} , tension électrique U_{bat} , fournie par la batterie, vitesse V_{mot} de rotation du moteur, et couple moteur C_{mot}).

Elle est comparée en permanence, ou de manière récurrente, à l'information représentative de la température de la bougie retournée à l'unité de commande électronique 6. Selon l'écart de température ΔT entre la température de consigne représentative de la température réelle, le régulateur PI régule automatiquement l'amplitude PWM de commande afin de maintenir la température de la bougie 2 sensiblement égale à la température de consigne.

En outre, une meilleure gestion des phases de préchauffage rapide en découle, car avec cette correction automatique de PWM selon la température de la bougie, même si le temps de refroidissement n'est pas suffisant, la quantité d'énergie envoyée lors d'une nouvelle phase de préchauffage rapide est toujours adaptée. Ainsi, la protection de la bougie et la prestation de démarrage du moteur sont garanties simultanément.

Les réglages du régulateur PI sont effectués au moyen de modèles classiques connus de l'homme du métier.

REVENDICATIONS

1. Procédé de commande d'une bougie de préchauffage (2), à alimentation à basse tension électrique, d'un mélange air/carburant de moteur diesel (1), ladite bougie (2) étant alimentée en tension électrique par des impulsions ayant une amplitude et une durée prédéterminées, l'amplitude étant inférieure à une amplitude maximale (PWM_MAX), caractérisé en ce que l'on gère les amplitudes et les durées des impulsions de tension électrique alimentant ladite bougie (2) en fonction de premiers paramètres comprenant des durées d'impulsions précédentes et des durées séparant des impulsions successives précédentes.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, lesdits premiers paramètres comprennent, en outre, des paramètres de fonctionnement du moteur (1), et/ou une tension électrique disponible (U_{bat}) à partir de laquelle est fournie la tension électrique d'alimentation de ladite bougie (2), et/ou une information représentative de l'activation/désactivation de l'alternateur (3) du moteur (1), et/ou une température souhaitée (T_{bougie_des}) à fournir par ladite bougie (2).

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel lesdits paramètres de fonctionnement du moteur (1) comprennent la température du fluide caloporteur de régulation de la température du moteur (1), et/ou la pression atmosphérique (P_{atm}), et/ou la température (T_{air}) de l'air frais d'admission du moteur (1), et/ou la vitesse (V_{mot}) de rotation du moteur (1).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel ladite gestion des impulsions comprend une phase de préchauffage (P1) pouvant être mise en œuvre avant un démarrage du moteur (1) lorsque l'alternateur (3) est activé.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel ladite gestion des impulsions comprend une phase de chauffage (P2) pouvant être mise en œuvre durant un démarrage du moteur (1).
- 5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ladite gestion des impulsions comprend une phase de post-chauffage (P3) pouvant être mise en œuvre à la suite d'un démarrage du moteur (1).
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 6, dans lequel ladite gestion des impulsions comprend une phase d'arrêt de chauffage (P4).
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15 7, dans lequel ladite gestion des impulsions comprend une phase de chauffage d'appoint (P5) pouvant être mise en œuvre lors d'un fonctionnement établi du moteur (1).
9. Procédé selon la revendication 4, dans lequel ladite phase de préchauffage (P1) comprend une étape de préchauffage rapide (M13) mise en œuvre par une desdites impulsions d'amplitude égale à ladite amplitude maximale (PMW_MAX).
- 20 10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel ladite phase de préchauffage (P1) comprend, en outre, une pré-étape de préchauffage rapide (M12) mise en œuvre par une desdites impulsions, d'une amplitude prédéterminée inférieure à ladite amplitude maximale (PMW_MAX).
- 25 11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel on tient compte de la dispersion de fabrication de la bougie (2),
en cartographiant la durée de l'impulsion de ladite étape de préchauffage rapide (M13), lorsque la température souhaitée ($T_{\text{bougie\_des}}$) à fournir par la bougie (2) est supérieure à une température de seuil (T_s), et
- 30

en calculant la durée de l'impulsion de ladite étape de préchauffage rapide (M13) en fonction du carré du rapport d'une tension électrique de référence (U_{bat_ref}) et de la tension électrique disponible (U_{bat}) à partir de laquelle est fournie la tension électrique d'alimentation de ladite bougie (2), et en fonction d'une durée de référence (TEMPS_REF) pour atteindre la température souhaitée (T_{bougie_des}) à fournir par la bougie sous ladite tension électrique de référence à une température de référence.

12. Procédé selon la revendication 5, dans lequel on tient compte de la dispersion de fabrication de la bougie, en augmentant progressivement l'amplitude de ladite impulsion de la phase de chauffage (P2) lors du démarrage du moteur (1).

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel on augmente l'amplitude de ladite impulsion lorsque, lors du démarrage, la vitesse (V_{mot}) de rotation du moteur (1) n'atteint pas une première vitesse (V_{min}) de rotation prédéterminée en une première durée (td_{min}) prédéterminée.

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel ladite augmentation progressive de l'amplitude (PWM) de l'impulsion est une fonction de ladite amplitude (PWM) de l'impulsion, et est inférieure à une augmentation maximale (x_{max}).

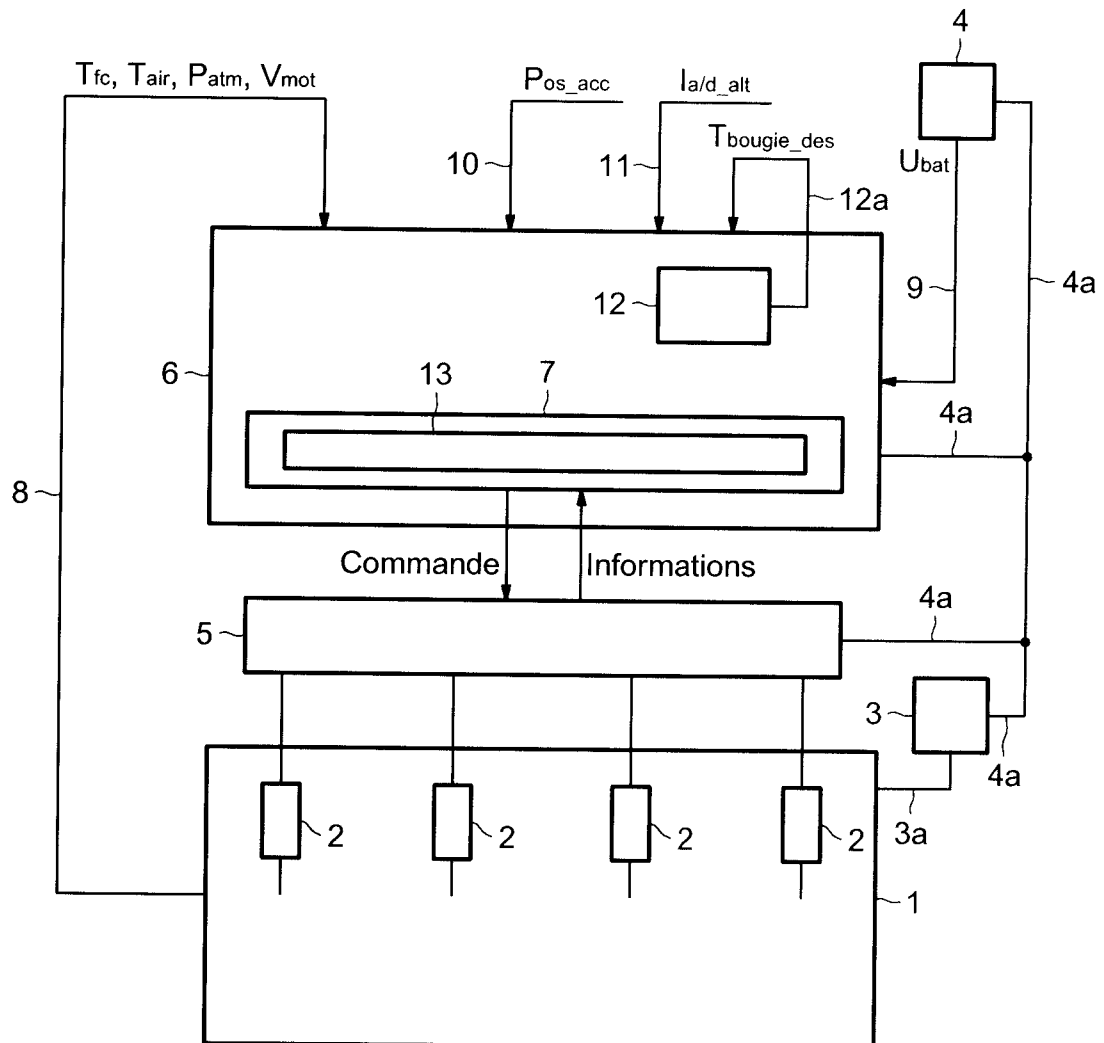
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel on tient compte de l'usure temporelle de ladite bougie (2), en adaptant les amplitudes (PWM) desdites impulsions au cours du temps, en utilisant un facteur correctif dépendant de l'écart entre une vitesse (V_{mot}) de rotation du moteur (1) mesurée et une vitesse de rotation du moteur de référence (V_{ref}) pour un point de fonctionnement de référence du moteur (1).

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel on évalue la température fournie (T_{bougie_des}) par ladite

bougie (2), et on adapte l'amplitude desdites impulsions prédéterminées en utilisant un régulateur à proportionnelle intégrale en boucle fermée.

- 5 17. Système de commande d'une bougie de préchauffage (2), à alimentation à basse tension électrique, d'un mélange air/carburant de moteur diesel (1), comprenant des moyens commandés (5) d'alimentation en tension électrique de ladite bougie (2) adaptés pour délivrer des impulsions ayant une amplitude et une durée prédéterminées, l'amplitude étant inférieure à une amplitude maximale (PWM_MAX), et comprenant une unité de commande électronique (6)
10 munie de moyens de gestion (7) desdits moyens d'alimentation (5), ladite unité de commande électronique (6) étant apte à rester alimentée en tension pendant une durée prédéterminée après un arrêt du moteur (1), caractérisé en ce que lesdits moyens de gestion (7) comprennent
15 des moyens de détermination (13) de la valeur de premiers paramètres comprenant des durées d'impulsions précédentes et des durées séparant des impulsions successives précédentes.

1/8

FIG.1

2/8

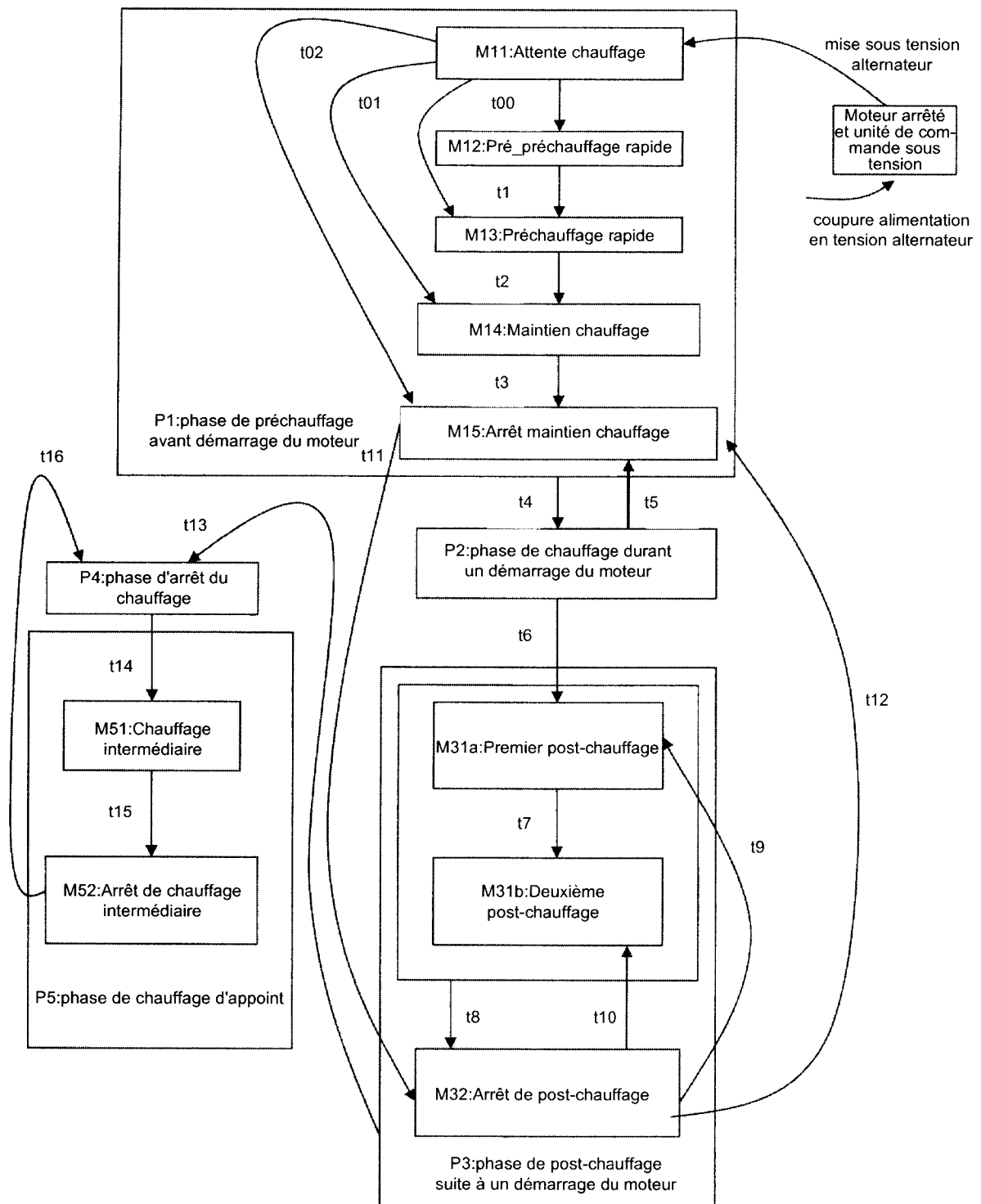
FIG.2

FIG.3

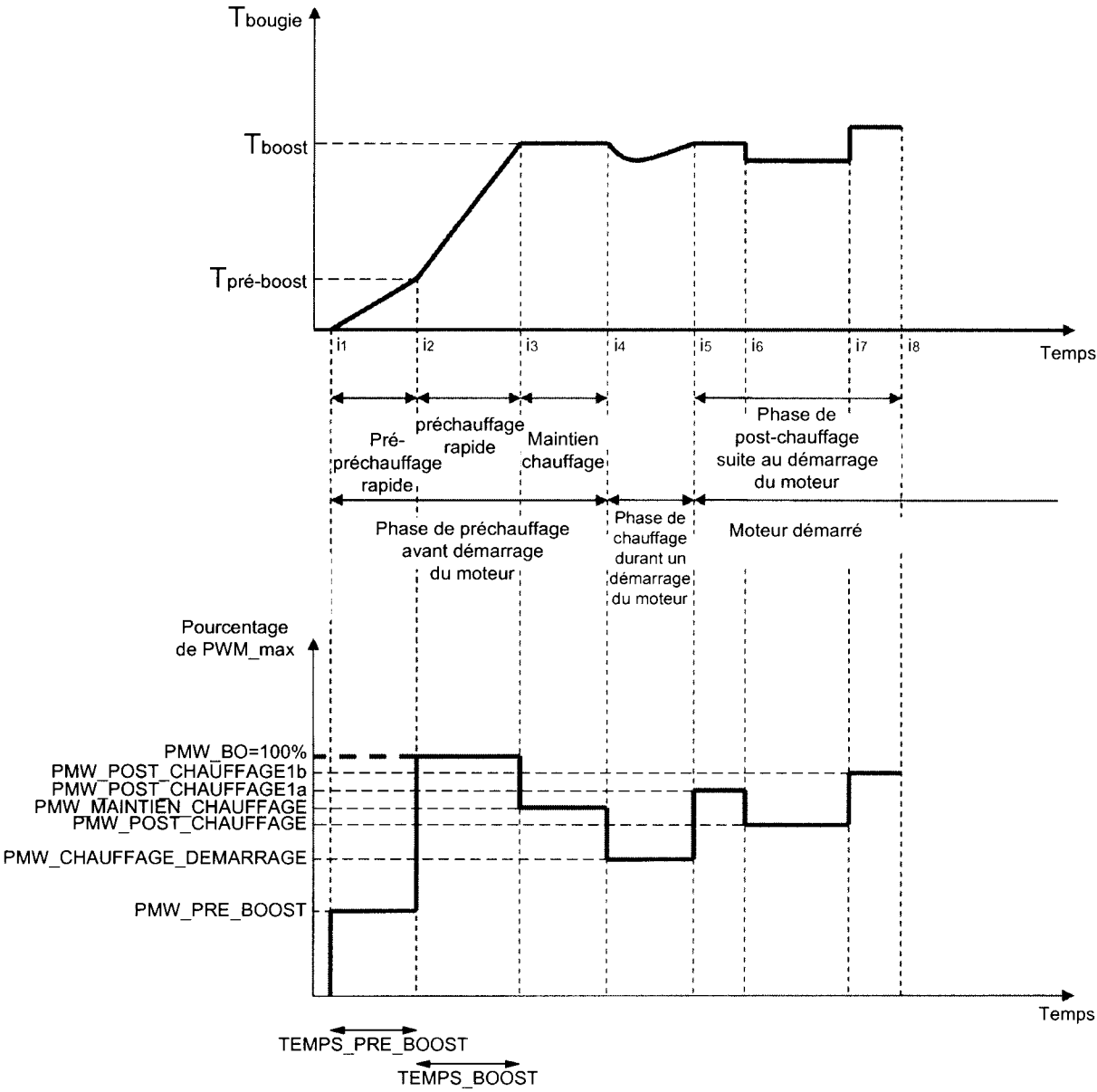


FIG.4

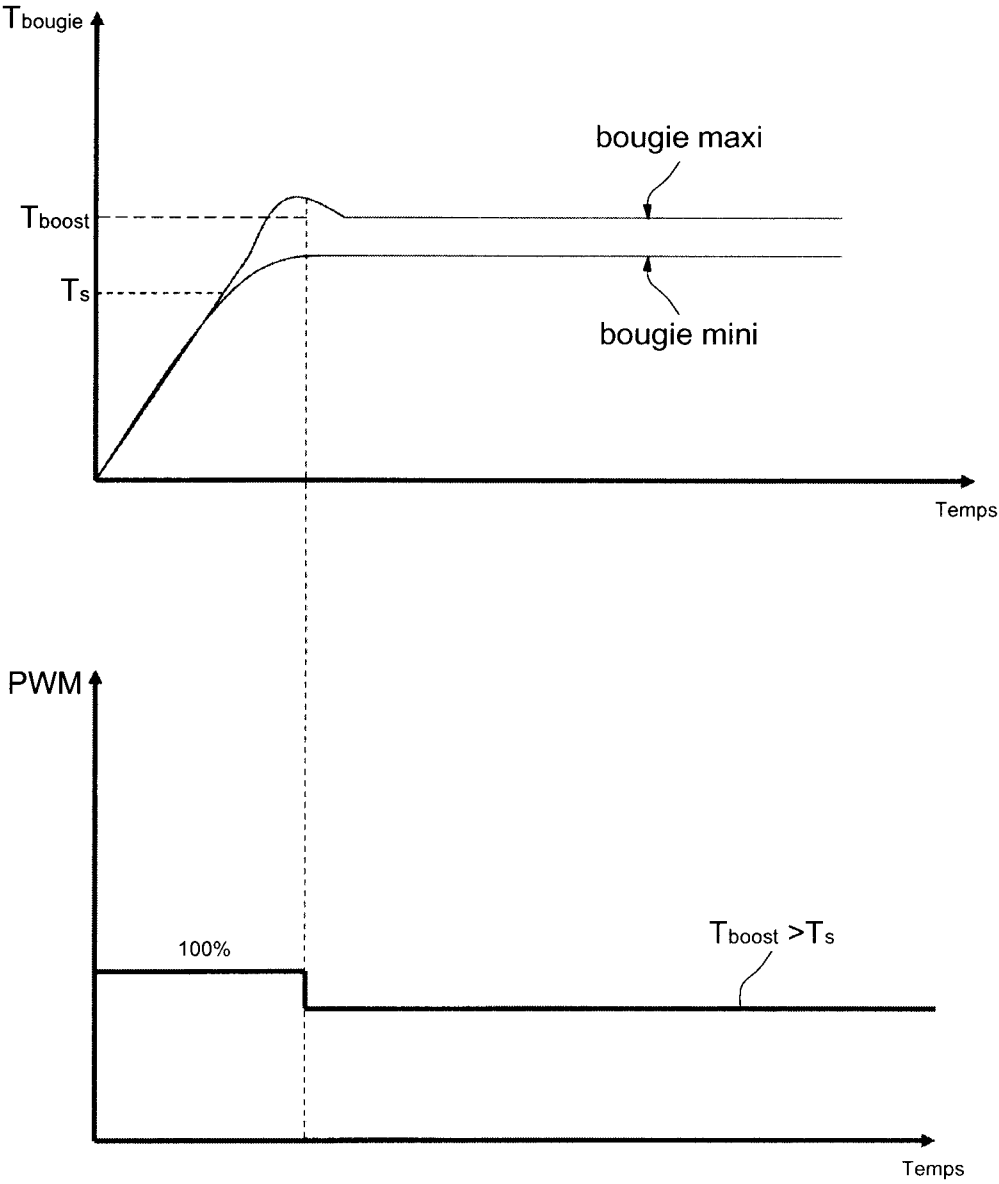
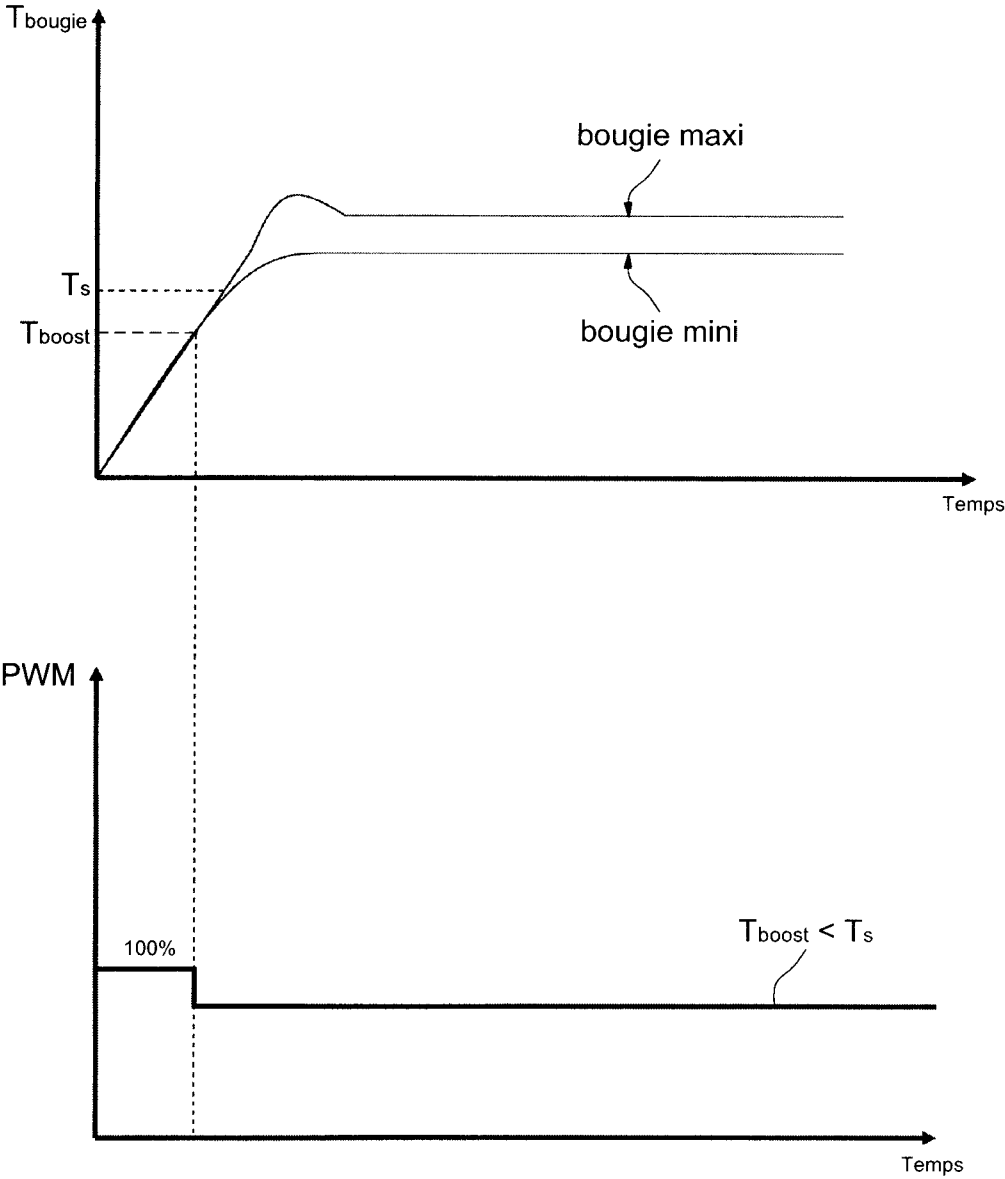
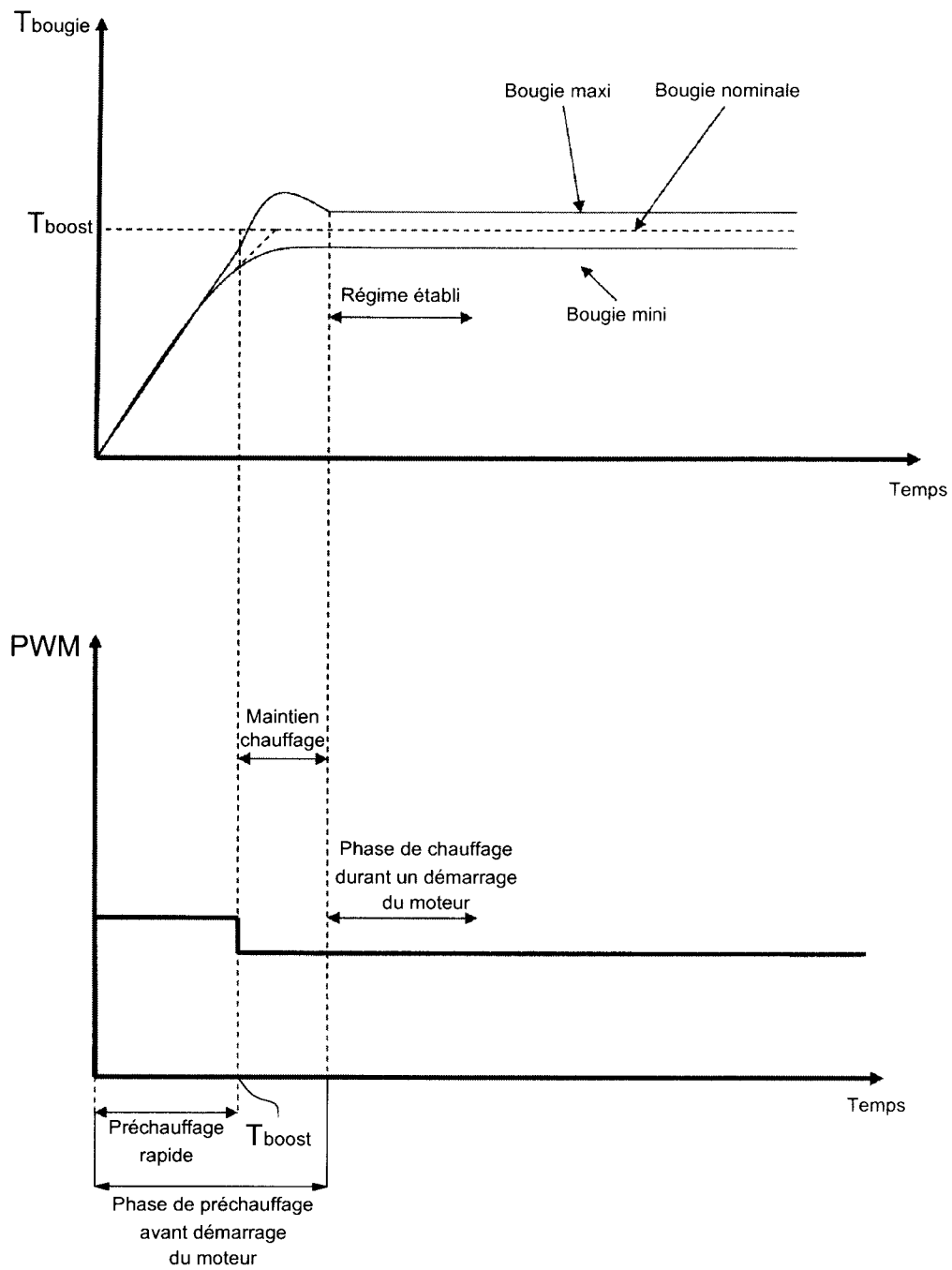


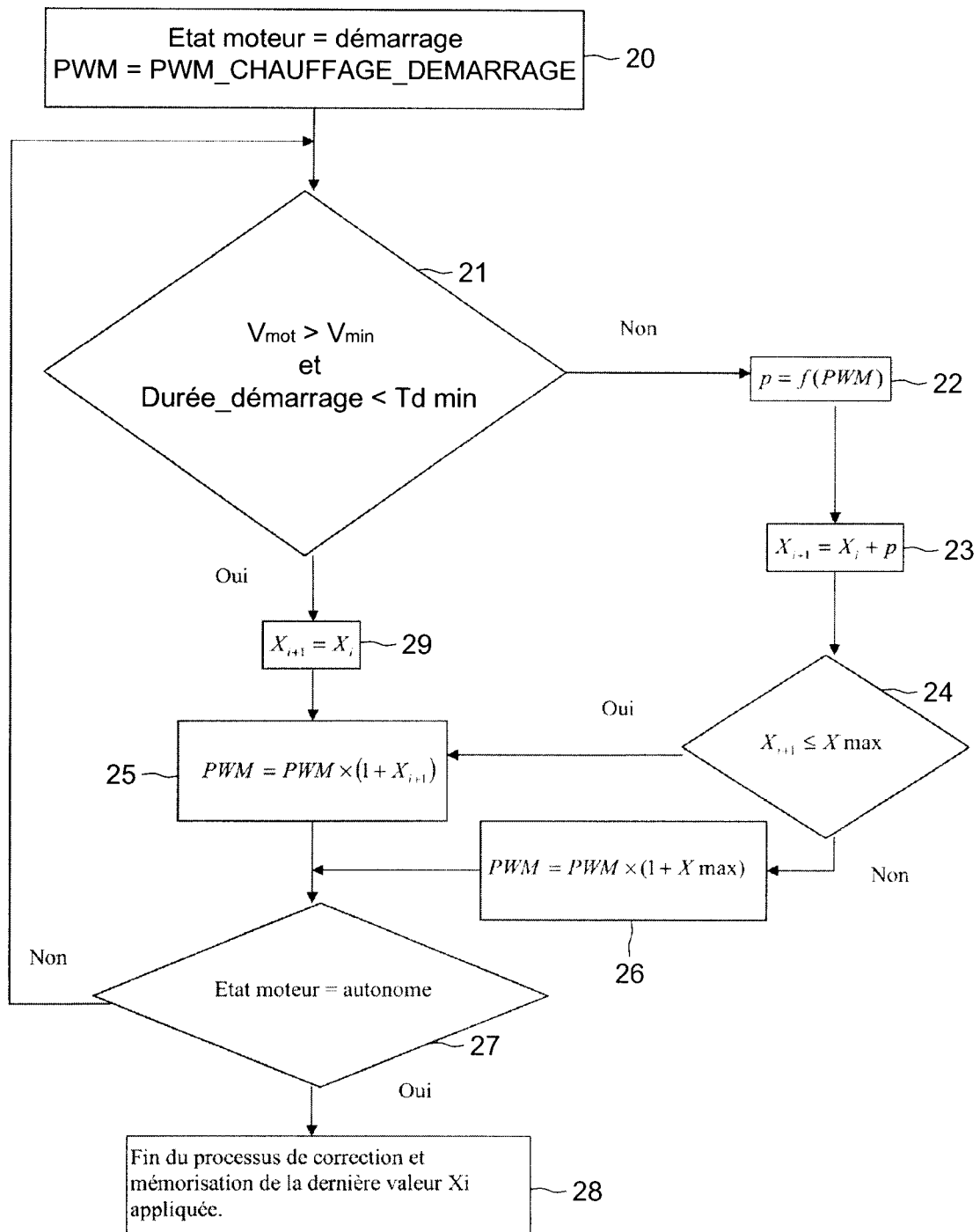
FIG.5



6/8

FIG.6

7/8

FIG.7

8/8

FIG.8