

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :

2 801 640

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

00 15176

⑤① Int Cl⁷ : F 02 D 41/30, F 01 N 3/20

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 24.11.00.

③③ Priorité : 26.11.99 DE 19956936.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.06.01 Bulletin 01/22.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *ROBERT BOSCH GMBH Gesellschaft
mit beschränkter Haftung — DE.*

⑦② Inventeur(s) : BAEUERLE MICHAEL et RIES MUEL-
LER KLAUS.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

⑤④ PROCÉDE DE PROTECTION D'UN CATALYSEUR EQUIPANT L'ÉCHAPPEMENT D'UN VÉHICULE
AUTOMOBILE.

⑤⑦ Procédé de protection du catalyseur exposé aux gaz
d'échappement d'un moteur à combustion interne lors du
démarrage du moteur. Selon le procédé, on forme une pre-
mière mesure de la quantité du mélange air/ carburant qui
réagit de manière exothermique dans le catalyseur en aval
du moteur. On compare cette première mesure à un seuil
prédéterminé et on coupe l'alimentation en carburant en cas
de dépassement du seuil.

FR 2 801 640 - A1



Etat de la technique.

La présente invention concerne un procédé de protection d'un catalyseur placé dans les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne au démarrage du moteur.

5 En cas de combustion défectueuse ou de ratés d'allumage de la charge d'un cylindre de moteur à combustion interne, cette charge est convertie le cas échéant de manière exothermique dans le catalyseur en aval. Lorsque ce défaut se produit avec une certaine fréquence, il entraîne un endomma-
10 gement irréversible du catalyseur par surchauffe.

En liaison avec ce danger pour les catalyseurs, le document US-A-5 231 869 décrit un moyen de détecter les ratés d'allumage en exploitant les vitesses du vilebrequin dans des secteurs d'angles du vilebrequin prédéterminés.

15 Lorsque des ratés se produisent, selon ce document, on interrompt l'alimentation en carburant du cylindre concerné. De plus, selon ce document, la détection des ratés dans certaines conditions de fonctionnement, doit être désactivée entre autre pendant une courte période après le démar-
20 rage du moteur.

En particulier, lors du démarrage d'un moteur avec un catalyseur chaud, des difficultés de démarrage peuvent entraîner une surchauffe du catalyseur par le mélange carburant/air non brûlé dans le cylindre. Le remorquage d'un
25 véhicule est particulièrement critique car dans ce cas de grandes quantités de mélange carburant/air, imbrûlées arrivent dans le catalyseur.

En particulier lors du démarrage par remorquage, il est nécessaire d'éviter que du mélange carburant/air im-
30 brûlé n'atteigne le catalyseur.

Etendre la détection des ratés selon le document US-A-5 231 869 sur la plage de temps à la suite du démarrage ou pendant un essai de démarrage s'est également avéré comme une mesure insuffisante notamment dans la situation critique
35 du remorquage.

La présente invention a pour but de développer un procédé permettant d'éviter d'endommager le catalyseur même

en cas de difficulté de démarrage notamment dans la situation critique duremorquage. A cet effet, l'invention concerne un procédé du type défini ci-dessus, procédé caractérisé en ce qu'

- on forme une première mesure de la quantité du mélange air/carburant qui réagit de manière exothermique en aval du moteur à combustion interne dans le catalyseur,
- on compare cette première mesure à un seuil prédéterminé,
- on coupe l'alimentation en carburant en cas de dépassement du seuil.

10 Suivant d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention :

- on forme une deuxième mesure de la quantité de mélange air/carburant ayant alimenté le moteur à combustion interne MV depuis le début du démarrage, on forme une troisième mesure MV de la quantité de mélange air/carburant qui a été brûlée dans le moteur à combustion interne depuis le début du démarrage, et on forme la première mesure comme différence entre la deuxième et la troisième mesure ;
- comme première mesure on définit la quantité de mélange carburant/air qui a alimenté le moteur à combustion interne depuis le début du démarrage jusqu'à la mise en route des combustions ; dans ce cas, pour détecter les combustions on additionne les différences entre les maxima et les minima de la courbe de vitesse de rotation pour une rotation de l'arbre à cames et on compare avec un seuil dépendant du point de fonctionnement et dont le dépassement est exploité comme début des combustions ;
- pour former la quantité de mélange air/carburant dosée depuis le début du démarrage, on compte les injections, ou on somme les durées d'injection, ou on définit la quantité d'air arrivée dans le moteur depuis le début du démarrage,
- pour former la troisième mesure MV, on peut déterminer le nombre de combustions produites effectivement depuis le démarrage, et dans ce cas, on exploite la différence entre le maximum et le minimum de la courbe de vitesse de rotation entre deux allumage, et en cas de dépassement d'un seuil prédéterminé par la différence, on compte une combustion ; on peut aussi prévoir que le dépassement d'un

seuil prédéterminé par la différence n'est compté comme combustion que si le signal fourni par une sonde lambda se situe dans une plage autour de la valeur 1, et/ou que le seuil dépend des paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne, tels que par exemple la température du catalyseur, le seuil étant abaissé en fonction de l'augmentation de la température du catalyseur.

Avantages de l'invention.

Le procédé selon l'invention diminue le risque d'endommager le catalyseur en cas de difficultés au démarrage.

L'utilisation de la saisie du signal prévu de toute façon pour déceler les ratés d'allumage et qui repose sur les variations de la vitesse angulaire du vilebrequin permet la mise en œuvre de l'invention sans nécessiter d'appareils supplémentaires. Les combustions dans la plage de temps qui suit le démarrage peuvent se reconnaître par les modifications de la saisie du signal et le traitement de celui-ci. La modification de la saisie du signal offre une possibilité avantageuse de mise en œuvre de l'invention.

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'exemples de réalisation représentés schématiquement dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre l'environnement technique de l'invention,
- la figure 2 représente un ordinogramme comme exemple du procédé de l'invention,
- la figure 3 montre les durées des dents de l'angle du vilebrequin pour expliciter une possibilité de détection de la combustion.

La figure 1 montre un moteur à combustion interne avec une roue angulaire 2 (roue phonique) portant des repères (dents) 3 ainsi qu'un capteur d'angle 4, un moyen 5 pour saisir la quantité d'air ml passant dans le moteur à combustion interne, par exemple un débitmètre massique d'air à film chaud, un moyen de dosage de carburant 6, par exemple un dispositif d'injecteurs, un dispositif d'allumage 7 et un appa-

reil de commande 8 ainsi qu'une lampe témoin de défauts 10, un capteur de gaz d'échappement 9, un organe de réglage du volet d'étranglement 12 et un moyen FW pour saisir le couple souhaité par le conducteur. En option, on peut avoir un cap-
5 teur 11 pour saisir la température T du catalyseur 13.

Le signal du débitmètre massique à film chaud correspond à la quantité d'air ml traversant le moteur à combustion interne. A partir du signal du capteur d'angle 4, on détermine la vitesse de rotation n du moteur à combustion in-
10 terne. La vitesse de rotation n et la quantité d'air ml sont les grandeurs principales pour déterminer la quantité de carburant qu'il faut fournir au moteur en la dosant par le dispositif d'injecteurs.

Le mouvement de rotation de la roue phonique cou-
15 plée au vilebrequin du moteur à combustion interne se détecte à l'aide d'un capteur d'angle 4 en forme de capteur inductif donnant un signal électrique dont la périodicité est une image du passage périodique des repères 3 au niveau du capteur d'angle 4. La durée (intervalle entre les dents) entre
20 une montée et une descente du niveau du signal correspond ainsi au temps pendant lequel le vilebrequin continue de tourner dans une plage angulaire qui est la mesure d'un repère. Les durées de dents sont inversement proportionnelles à la vitesse de rotation. La courbe des durées de temps représente ainsi la vitesse de rotation.
25

Pendant une combustion on a, du fait de la variation de couple, une variation caractéristique de la vitesse de rotation. L'amplitude du signal de vitesse de rotation ou du signal de durée de dents est ainsi sensiblement propor-
30 tionnelle au couple fourni, et est exploitée selon l'invention pour détecter des combustions.

La figure 2 montre un ordinogramme comme exemple de réalisation du procédé de l'invention.

Selon l'invention, dans l'étape 2.1, on effectue
35 une première mesure MZU de la quantité de mélange air/carburant dosée à partir du début du démarrage.

On peut ainsi compter les injections ou encore faire la somme des durées d'injections. En variante, on peut

également déterminer la quantité d'air qui est arrivée dans le moteur à combustion interne à partir du début du démarrage.

5 Ensuite, dans l'étape 2.2 on forme une seconde mesure MV pour la quantité de mélange air/carburant effectivement brûlée dans le moteur à combustion interne.

Pour cela on peut compter le nombre de combustions effectives. Un exemple d'un procédé de détection des combustions effectives sera décrit ultérieurement.

10 Dans l'étape 2.3 on forme la différence dM entre la première et la seconde mesure. La différence dM des deux mesures est proportionnelle à l'apport énergétique libéré sous forme de chaleur dans le catalyseur.

15 Si la valeur de la différence dM obtenue dans l'étape 2.4 dépasse un seuil prédéterminé S, on a la coupure de l'alimentation en carburant dans l'étape 2.5. Il n'y aura plus alors d'injection.

20 Le seuil peut dépendre des paramètres de fonctionnement. Si l'on a par exemple une information concernant la température du catalyseur au démarrage, le seuil peut dépendre de la température du catalyseur. Plus la température du catalyseur est élevée et plus le catalyseur sera sensible à un endommagement par des réactions exothermiques. Pour cela, on choisit un seuil d'autant plus bas que la température
25 du catalyseur augmente. La température du catalyseur peut par exemple être détectée par un capteur de température ; on peut également modéliser cette température à partir d'autres paramètres de fonctionnement. C'est ainsi que par exemple, en utilisant la température de l'eau de refroidissement et la
30 durée d'arrêt, on peut obtenir la température du catalyseur. La durée d'arrêt est le temps compté à partir de l'arrêt du moteur.

Comme moyen de sécurité supplémentaire on peut utiliser le signal de la sonde lambda. Si le coefficient
35 lambda se situe dans la plage autour de 1 (cette valeur correspond au rapport stœchiométrique entre le carburant et l'air), on peut supposer qu'il y a des combustions.

Pour former la mesure de l'énergie effectivement convertie dans le moteur à combustion interne, il faut détecter les combustions. On additionne les combustions détectées dont la somme constitue cette mesure.

5 Un exemple de réalisation préférentiel de détection des combustions sera décrit ci-après. On fait principalement une exploitation de la différence entre le maximum et le minimum de la courbe de la durée des dents entre deux allumages.

10 Si la distance est plus grande qu'un seuil, on compte cela comme combustion. Avant le comptage on peut verrouiller par l'exploitation du coefficient λ . Si le coefficient λ est dans la plage autour de 1, on estime qu'il y a des combustions.

15 La figure 3 montre les durées de dents en fonction de l'angle du vilebrequin. Chaque montée de la durée de dents correspond à un freinage du vilebrequin. Le freinage est par exemple produit par le travail de compression avant le temps de combustion et par le frottement. Chaque diminution de la durée des dents correspond à une accélération provoquée par la détente des gaz de la combustion.

20 Dans les appareils de commande de moteurs usuels avec des fonctions de détection de ratés de combustion sur la base des variations de la vitesse angulaire, les différentes dents de la roue phonique ne sont pas détectées dans le temps.

30 Si l'on voulait utiliser la durée des dents prises séparément, cela nécessiterait une précision de fabrication élevée de la roue phonique et/ou nécessiterait une puissance de calcul plus importante pour exploiter les signaux de durée de dents.

35 Au lieu de cela, on subdivise la roue phonique de manière habituelle en segments, en divisant par exemple une plage angulaire de 720° par le nombre des cylindres du moteur.

Pour une roue phonique 60 dans les quatre cylindres, un segment comporte de manière caractéristique 30 dents. Les durées de segments associées à ces segments sont

les durées nécessaires au passage des segments sur le cap-
teur. Par cylindre, dans le cas de la détection usuelle de
ratés, on mesure chaque fois un segment ; la position rela-
tive des segments par rapport au point mort haut d'allumage
5 PMH de chaque cylindre présente de faibles différences entre
les divers cylindres.

Dans la fonction usuelle de détection des ratés
de combustion on forme les différences de ces durées de seg-
ments et on les compare à un seuil.

10 On rencontre des différences lorsque les cylin-
dres se distinguent par leur comportement de combustion.
Exemple : un cylindre sur quatre ne fonctionne pas. Les du-
rées de segments associées à ce cylindre sont alors compara-
tivement grandes et différent des durées des segments des
15 autres cylindres. La régularité de fonctionnement est pertur-
bée. Ce procédé usuel convient ainsi pour détecter des ratés
lorsque les combustions régulières sont les plus importantes
en nombre.

En cas de difficulté de démarrage, on ne se
20 trouve pas toujours dans de telles conditions. Dans le cas
extrême, initialement il n'y a aucune combustion de sorte que
les conditions des différents cylindres ne se distinguent pas
ou très peu. Les différences des durées de segments qui en
résultent sont faibles. Ces faibles différences ne peuvent
25 pas servir de façon garantie pour reconnaître des ratés car
elles correspondent à la régularité de fonctionnement imper-
turbée d'un moteur sans raté. En d'autres termes : le fonc-
tionnement régulier du moteur sans raté ou celui d'une
défaillance totale de combustion apparaissent selon les pro-
30 cédés actuels comme correspondant à une régularité de fonc-
tionnement non perturbée. La cause en est que l'on compare
entre elles les durées des segments des différents cylindres
qui ne se distinguent alors que très peu lorsqu'il n'y a au-
cune combustion.

35 Selon l'invention, la détection des combustions
prévoit tout d'abord une autre saisie de la durée des seg-
ments.

Dans la saisie de durées de segments, modifiée selon l'invention, on saisit deux durées de segments par cylindre ; l'un des segments est de manière idéale symétrique au maximum des durées de dents, alors que l'autre durée de segment se situe de manière idéale symétrique par rapport au minimum suivant des durées de dents. Dans un moteur à quatre cylindres on peut prévoir par exemple des demi-segments larges pour chaque angle de 90° du vilebrequin, qui englobent chaque fois le point mort haut (PMH) ou le point mort bas (PMB) et s'étendent chaque fois de manière sensiblement symétrique par rapport à ce point. L'association des plages d'angles du vilebrequin aux valeurs maximales et minimales des durées de dents peut se faire dans chaque cas de manière expérimentale, et se programme dans l'appareil de commande pour que les segments d'angles du vilebrequin, utilisés, correspondent au moins approximativement à la position idéale indiquée ci-dessus.

La dénomination de demi-segments concerne la division par deux de la largeur du segment par rapport à ce qui est appliqué dans le procédé usuel décrit ci-dessus pour la détection des ratés de combustion.

La durée de segment formée pour le maximum de la largeur de dents présente ainsi en quelque sorte une valeur moyenne des durées de dents maximales. De façon correspondante, la durée de segment formée pour le minimum des durées de dents correspond à la valeur moyenne des durées minimales des segments.

A l'aide de la différence entre ces deux durées de segments, on reconnaît les combustions. La différence est grande lorsqu'il y a des combustions. Dans le cas contraire, elle est faible.

Selon l'invention, on compare les différences à un seuil. Les dépassements du seuil sont comptés comme correspondant à des combustions. La somme des combustions représente la mesure MV (étape 2.2 de la figure 2).

Selon un autre exemple de réalisation, on compense les signaux perturbateurs engendrés par les tolérances

mécaniques de la roue phonique et/ou les oscillations de torsion du vilebrequin.

Comme l'exemple de réalisation décrit ci-dessus, l'autre exemple de réalisation comprend également la formation de durées de segments (sommation des durées de segments) dans une certaine plage angulaire. De manière caractéristique, on forme également ici des demi-durées de segments $tsh(k)$, symétriques, par rapport au point mort haut et au point mort bas du cylindre. La longueur des segments correspond de manière caractéristique à une plage angulaire du vilebrequin:

$$1/2 * (720^\circ \text{ du vilebrequin/nombre de cylindres})$$

k : indice correspondant au double de la fréquence d'allumage

On poursuit par une différence :

15

$$dtsh(k) = tsh(k+1) - tsh(k).$$

En plus, on peut effectuer une correction dynamique : en faisant la moyenne arithmétique sur une rotation de l'arbre à cames on corrige la variation moyenne de la vitesse de rotation ou des durées de segments par rapport aux durées de segments mesurées.

$$tshm(k) = (tsh(k-zylza) - tsh(k+zylza)) / (2*zylza) \text{ avec } zylza = \text{nombre de cylindres du moteur à combustion interne.}$$

25

On obtient ainsi la différence corrigée des durées de segments :

$$30 \quad dtshk(k) = dtsh(k) - tshm(k)$$

En normalisant la valeur de $dtshk$ suivant le nombre de tours par une division par $tsh(k)^3$ on forme $md(k)$.

$$md(k) = | dtshk(k) | / tsh(k)^3$$

35

Ainsi la valeur $md(k)$ est approximativement indépendante du régime du moteur, c'est-à-dire $md(k)$ ne dépend pratiquement que du couple fourni. Ensuite on fait une sommation sur une rotation de l'arbre à cames : la sommation pour

une rotation de l'arbre à cames constitue une partie importante de cet exemple de réalisation car ainsi on élimine les composantes perturbatrices de la saisie des durées de segments, perturbations provoquées par des défauts de la roue phonique ou des oscillations de torsion du moteur.

$$md(i) = md(k-zylza) + md(k-(zylza-1)) + \dots + md(k) + \dots + md(k+(zylza-2)) + md(k+zylza-1)$$

md (i) = correspond ainsi au couple fourni pour une rotation de l'arbre à cames.

Remarques : pour compenser les influences perturbatrices :

Pour simplifier, on suppose un fonctionnement stationnaire, c'est-à-dire que les durées de segments sont égales pour un tour de l'arbre à cames (NW-Tm) par exemple 60 ms pour 1000/min.

Cela signifie que si un demi-segment (par exemple à cause d'une imprécision mécanique) est plus grand, il faut qu'un autre segment soit plus petit. Par la somme on obtient de nouveau 60 ms.

Cela signifie que les perturbations ne doivent pas se traduire par des effets.

Cela est vrai sensiblement pour le mode dynamique ou pour les durées de segments à compensation dynamique.

Selon une variante de procédé, pour détecter les combustions :

on peut compenser les perturbations si on forme seulement les différences des couples md(1) formé pour une rotation de l'arbre à cames.

Exemple :

$$dmd(i) = md(i+1) - md(i)$$

Une telle compensation se fait également lorsqu'on forme la valeur dt(k) selon la règle suivante :

$$dt(k) = [md(k-zylza) + md(k-(zylza-1))] - [md(k) + md(k+1)]$$

si $dmd(i)$ ou $dt(k)$ dépassent un seuil dépendant du point de fonctionnement, on estime que la combustion fonctionne.

R E V E N D I C A T I O N S

1°) Procédé de protection d'un catalyseur placé dans les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne au démarrage du moteur,

5 procédé caractérisé en ce qu'

- on forme une première mesure de la quantité du mélange air/carburant qui réagit de manière exothermique en aval du moteur à combustion interne dans le catalyseur,
- on compare cette première mesure à un seuil prédéterminé,
- 10 • on coupe l'alimentation en carburant en cas de dépassement du seuil.

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé par les étapes suivantes :

- 15 • on forme une deuxième mesure MZU de la quantité de mélange air/carburant ayant alimenté le moteur à combustion interne depuis le début du démarrage,
- on forme une troisième mesure MV de la quantité de mélange air/carburant qui a été brûlée dans le moteur à combustion
- 20 interne depuis le début du démarrage,
- on forme la première mesure comme différence entre la deuxième et la troisième mesure.

3°) Procédé selon la revendication 1,

25 caractérisé en ce que

comme première mesure on définit la quantité de mélange carburant/air qui a alimenté le moteur à combustion interne depuis le début du démarrage jusqu'à la mise en route des combustions.

30

4°) Procédé selon la revendication 3,

caractérisé en ce que

pour détecter les combustions on additionne les différences entre les maxima et les minima de la courbe de vitesse de rotation pour une rotation de l'arbre à cames et on compare

35 avec un seuil dépendant du point de fonctionnement et dont le dépassement est exploité comme début des combustions.

- 5°) Procédé selon la revendication 2 ou 3,
caractérisé en ce que
pour former la quantité de mélange air/carburant dosée depuis
le début du démarrage
- 5 • on compte les injections ou
• on somme les durées d'injection ou
• on définit la quantité d'air arrivée dans le moteur depuis
le début du démarrage.
- 10 6°) Procédé selon la revendication 2,
caractérisé en ce que
pour former la troisième mesure MV on détermine le nombre de
combustions produites effectivement depuis le démarrage.
- 15 7°) Procédé selon la revendication 6,
caractérisé en ce qu'
on exploite la différence entre le maximum et le minimum de
la courbe de vitesse de rotation entre deux allumage, et en
cas de dépassement d'un seuil prédéterminé par la différence,
20 on compte une combustion.
- 8°) Procédé selon la revendication 7,
caractérisé en ce que
le dépassement d'un seuil prédéterminé par la différence
25 n'est compté comme combustion que si le signal fourni par une
sonde lambda se situe dans une plage autour de la valeur 1.
- 9°) Procédé selon la revendication 7,
caractérisé en ce que
30 le seuil dépend des paramètres de fonctionnement du moteur à
combustion interne.
- 10°) Procédé selon la revendication 9,
caractérisé en ce que
35 le seuil dépend de la température du catalyseur, le seuil
étant abaissé en fonction de l'augmentation de la température
du catalyseur.

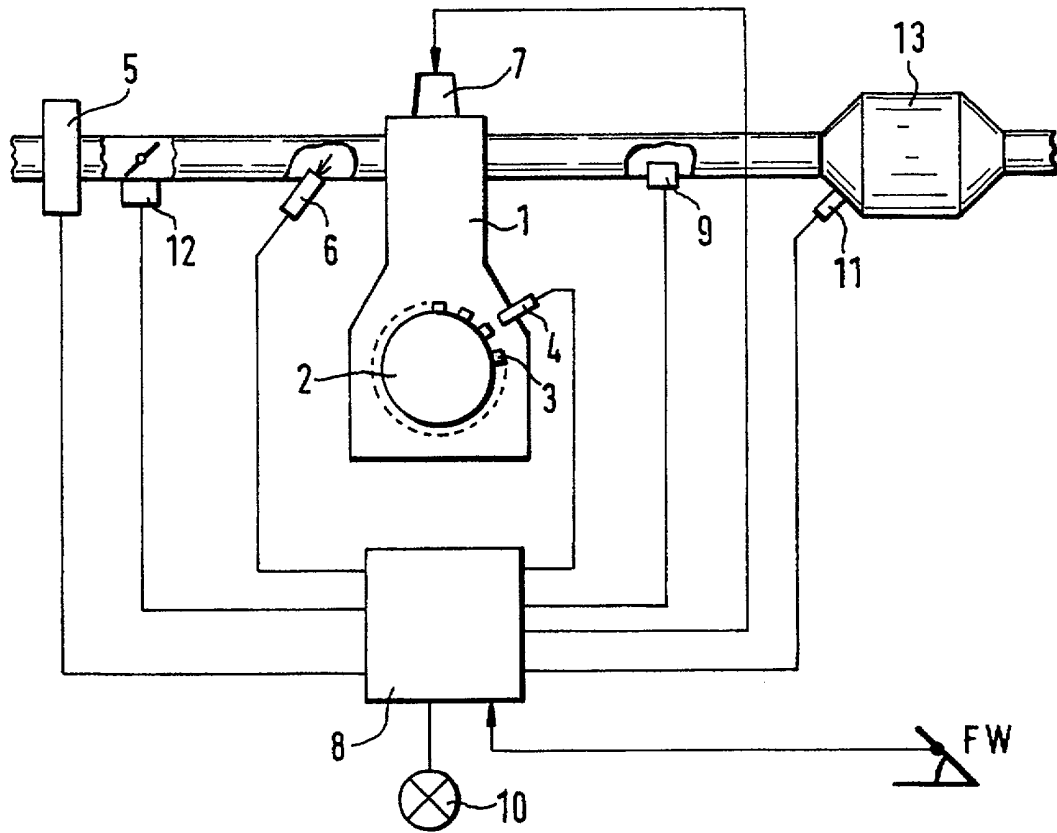


Fig. 1

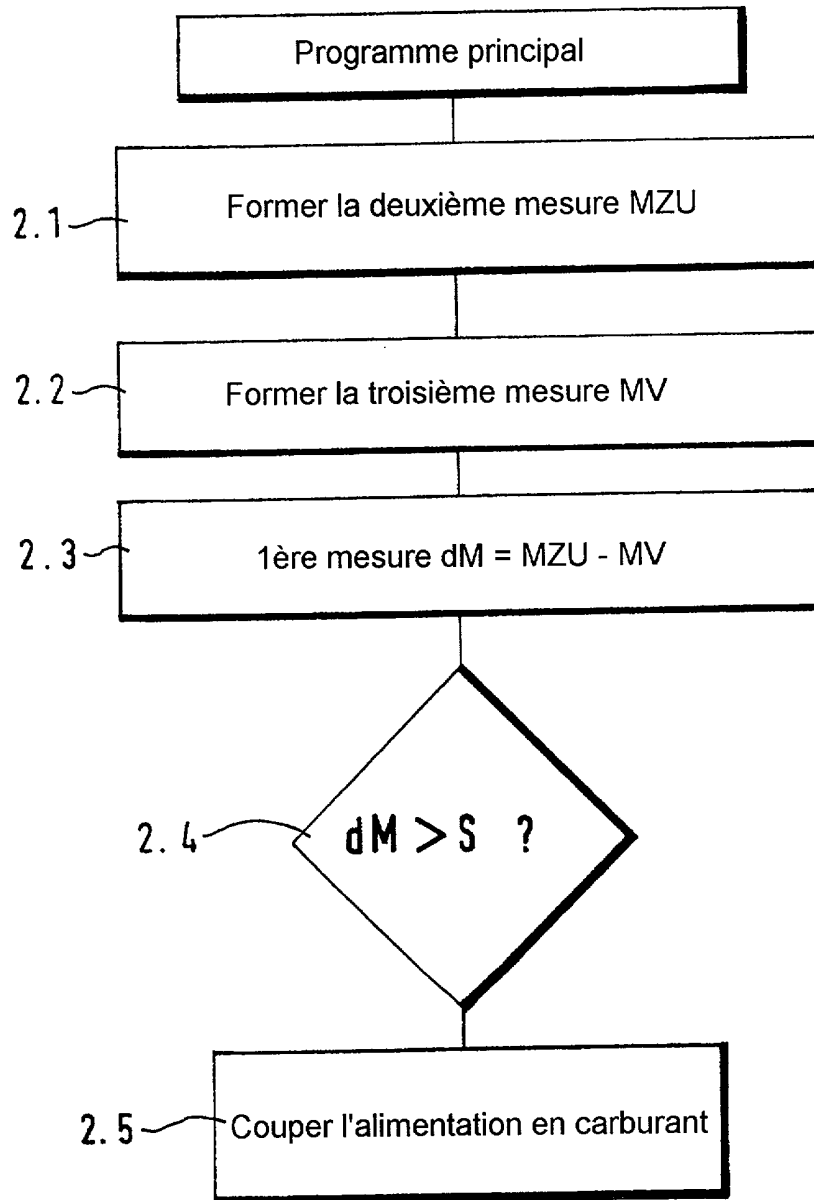


Fig. 2

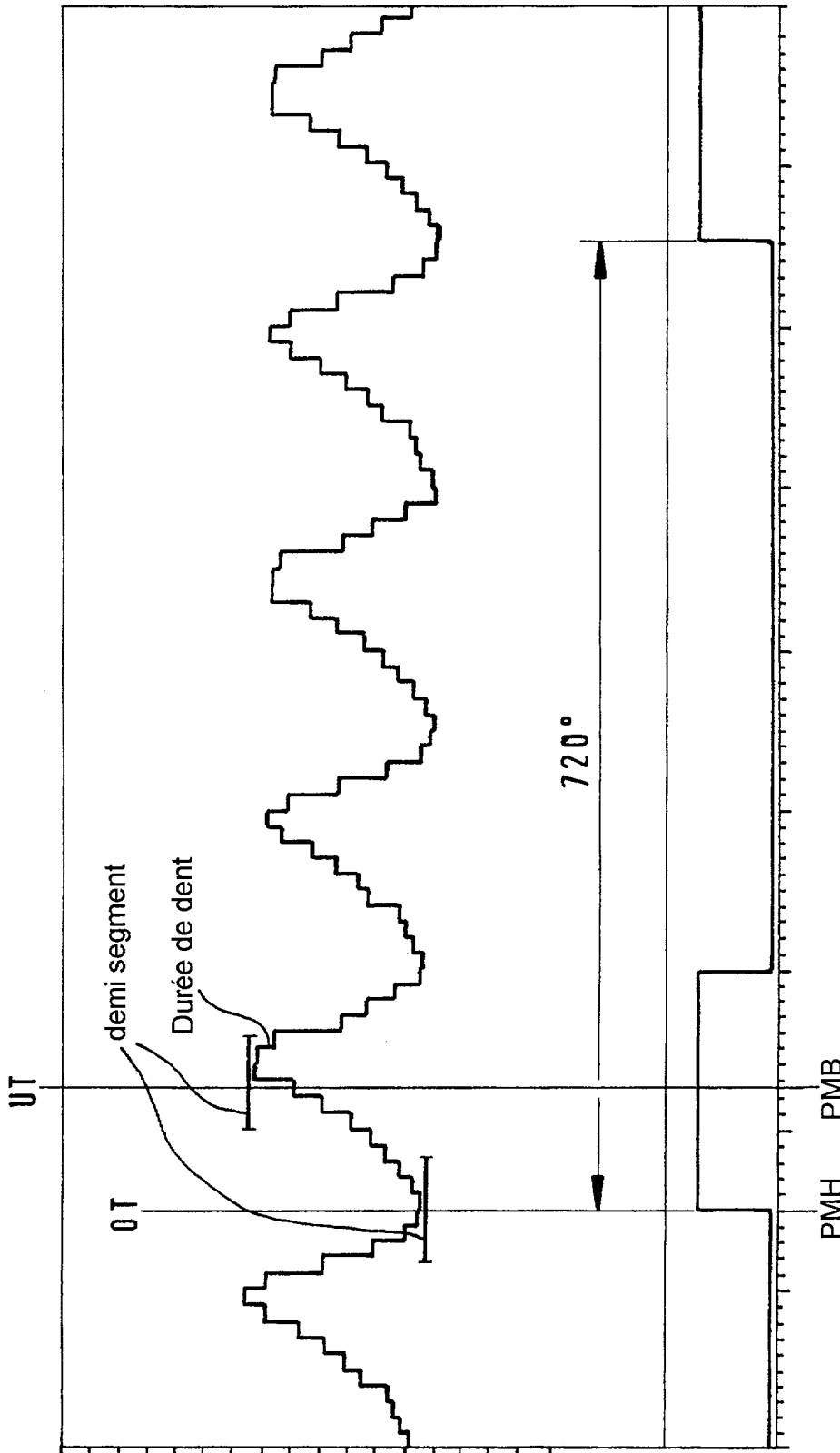


Fig. 3