



(11) **EP 4 112 898 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
04.01.2023 Bulletin 2023/01

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F01N 3/20 (2006.01) **F01N 3/035** (2006.01)
F01N 3/10 (2006.01) **F01N 3/28** (2006.01)
F01N 9/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **22182011.1**

(22) Date de dépôt: **29.06.2022**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F01N 3/2066; F01N 3/035; F01N 3/103;
F01N 3/2892; F01N 9/00; F01N 2240/20;
F01N 2560/06; F01N 2560/14; F01N 2900/0416;
F01N 2900/12; F01N 2900/1404

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Renault s.a.s**
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(72) Inventeurs:
• **DASSE, BENJAMIN**
78084 GUYANCOURT (FR)
• **SMIS-MICHEL, VIVIEN**
78084 GUYANCOURT (FR)

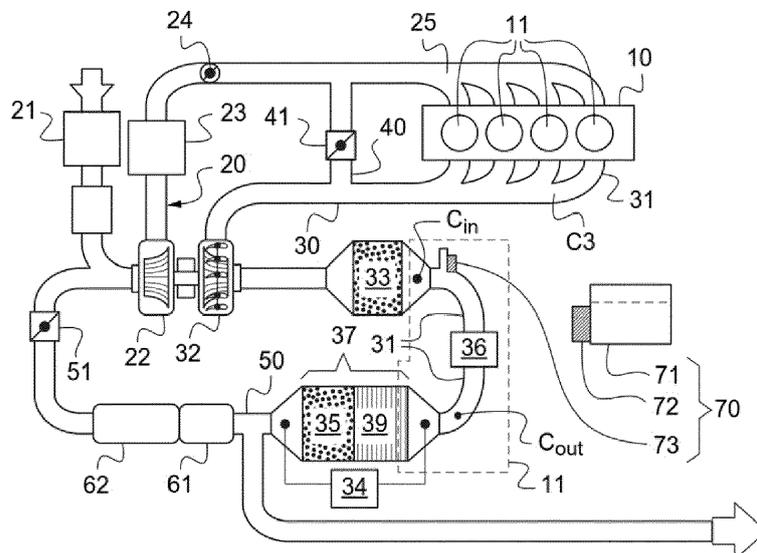
(30) Priorité: **30.06.2021 FR 2107044**

(54) **PROCEDE DE CORRECTION D'UNE VALEUR DE TEMPERATURE MESUREE PAR UN CAPTEUR DE TEMPERATURE**

(57) L'invention porte sur un procédé de correction d'une valeur de température initiale mesurée par un capteur de température principal (C_{out}) situé dans une conduite de gaz (31) dans laquelle circule un fluide gazeux, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :
- mesure d'une valeur de température amont par un cap-

teur de température amont (C_{in}) situé en amont par rapport audit capteur de température principal le long de la conduite de gaz,
- calcul d'une valeur corrigée de la valeur de température initiale en fonction de la valeur de température initiale et de la valeur de température amont.

[Fig. 1]



EP 4 112 898 A1

Description

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

- 5 [0001] La présente invention concerne de manière générale la mesure de la température dans des conduites de gaz.
[0002] Elle concerne plus particulièrement un procédé de correction d'une valeur de température mesurée par un capteur de température situé dans une conduite de gaz dans laquelle se propage un fluide gazeux.
[0003] L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans la maîtrise de la dépollution et de la sécurité de véhicules automobiles.
- 10 [0004] Elle concerne également un moteur à combustion interne équipé d'une unité de calcul configurée pour corriger une valeur de température mesurée par un capteur de température du moteur à combustion interne.

ETAT DE LA TECHNIQUE

- 15 [0005] Il est important de connaître la température des gaz circulant dans une conduite de gaz.
[0006] A titre d'exemple, pour maîtriser la dépollution et la sécurité des véhicules automobiles à moteurs thermiques, il est nécessaire de connaître le plus précisément possible l'ensemble des températures le long de la ligne d'échappement des moteurs, pour les raisons suivantes.
[0007] Une ligne d'échappement comprend généralement un ensemble de dispositifs de dépollution des gaz de combustion du moteur. Dans le cas d'un moteur à allumage par compression (Diesel), cet ensemble comprend généralement 20 un catalyseur d'oxydation, suivi de l'association, par exemple dans une même enveloppe métallique, d'un catalyseur de réduction sélective des oxydes d'azote (dit catalyseur SCR) et d'un filtre à particules, l'association étant désignée par le sigle SCRf. Le catalyseur SCR fonctionne de manière continue en réduisant en molécules inoffensives les oxydes d'azote entrants. Pour cela, un composé réducteur à base d'urée est injecté à la sortie du catalyseur d'oxydation. Un 25 mélangeur positionné en amont du catalyseur SCR mélange le composé réducteur avec les gaz d'échappement.
[0008] De son côté, le filtre à particules se remplit progressivement des suies produites par le moteur et doit régulièrement subir des régénérations, qui consistent à élever la température des gaz d'échappement pour brûler ces suies. La mesure de la température du filtre à particules du pot SCRf sert à réguler la température interne du filtre à particules lors de sa régénération. Cela permet d'optimiser la quantité de suies brûlées, mais aussi d'éviter que la température du 30 pot SCRf dépasse un seuil de température mettant en danger la tenue thermomécanique du filtre à particules.
[0009] Par ailleurs, du fait de la dépendance à la température de l'efficacité de traitement par le catalyseur SCR des oxydes d'azote, la détermination de la température en amont du pot SCRf peut être également utilisée pour réguler la quantité de composé réducteur injectée afin d'optimiser le traitement des oxydes d'azote dans le catalyseur SCR.
[0010] C'est pourquoi une pluralité de capteurs de température est positionnée le long de la ligne d'échappement des 35 véhicules automobiles thermiques. En pratique, des contraintes géométriques de positionnement de ces capteurs peuvent être rencontrées, par exemple lorsque l'espace dédié aux capteurs est réduit. L'emplacement des capteurs, mais aussi leur géométrie peuvent être impactés, comme par exemple en éloignant les capteurs du secteur de mesure qui serait le plus adapté, ou en réduisant leur zone détectrice. Ces changements résultent en une diminution de la précision de mesure des capteurs, impactant notamment leur réponse temporelle.

PRESENTATION DE L'INVENTION

- [0011] La présente invention propose d'améliorer la précision de mesure de capteurs de température soumis aux contraintes précédemment citées.
- 45 [0012] L'invention prévoit ainsi un procédé de correction d'une valeur de température initiale mesurée par un capteur de température principal situé dans une conduite de gaz dans laquelle circule un gaz, le procédé comprenant les étapes suivantes :
- mesure d'une valeur de température amont par un capteur de température amont situé en amont par rapport audit 50 capteur de température principal le long de la conduite de gaz,
 - calcul d'une valeur corrigée de la valeur de température initiale en fonction de la valeur de température initiale et de la valeur de température amont.
- [0013] L'invention présente l'avantage de ne pas faire appel à une solution matérielle qui consisterait à imposer des 55 conditions sur le positionnement du capteur de température principal, ou à installer un capteur plus performant. Elle consiste au contraire à se satisfaire des données mesurées par un capteur, quand bien même ces données ne seraient pas aussi précises que souhaité, et à les corriger ensuite. La solution proposée par l'invention est ainsi peu coûteuse et facile à intégrer.

[0014] Par ailleurs l'invention permet d'effectuer un large éventail de mesures, par exemple en régime stabilisé ou en régime à fort gradient thermique.

[0015] D'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives du procédé conforme à l'invention, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

- 5
- la valeur corrigée est en outre calculée en fonction du débit massique du gaz circulant dans la conduite de gaz ;
 - il est prévu une étape de détermination d'une valeur de température de l'environnement autour de la conduite de gaz, et la valeur corrigée est en outre calculée en fonction de la valeur de température de l'environnement et du temps écoulé à partir d'un instant t de la mesure de la valeur de température amont ;
- 10
- la valeur de température de l'environnement autour de la conduite de gaz est calculée en fonction de la valeur de température amont ;
 - la valeur corrigée est calculée par :

15

$$T_s = T_{out} + A * D * (T_{in} - T_{out}) + B * (T_{env} - T_{out}) * \Delta t,$$

dans lequel A et B sont respectivement un premier coefficient de calibration et un second coefficient de calibration, T_{out} est la température initiale, T_{in} est la valeur de la température amont, T_{env} est la valeur de température de l'environnement autour de la conduite de gaz, Δt est le temps écoulé à partir dudit instant t de la mesure de la valeur de température amont et D est le débit massique du gaz circulant dans la conduite de gaz ;

- 20
- le premier coefficient de calibration et le second coefficient de calibration sont des valeurs constantes ;
 - il est prévu une étape d'acquisition d'au moins un paramètre de fonctionnement du moteur à combustion interne et une étape de calcul du premier coefficient de calibration et/ou du second coefficient de calibration en fonction de chaque paramètre de fonctionnement acquis ;
- 25
- la conduite de gaz appartient à une ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne ;
 - le capteur de température principal est positionné en amont d'un filtre à particules sur le circuit d'échappement du moteur à combustion interne et le capteur de température amont est positionné en amont d'un mélangeur, ledit mélangeur étant positionné entre le capteur de température principal et le capteur de température amont.

30 **[0016]** L'invention prévoit également un moteur à combustion interne comportant un circuit d'échappement de gaz brûlés qui comporte au moins une conduite de gaz, un capteur de température principal et un capteur de température amont situé en amont par rapport audit capteur de température principal équipé d'une unité de calcul adaptée à mettre en œuvre le procédé de correction mentionné précédemment.

35 **[0017]** Bien entendu, les différentes caractéristiques, variantes et formes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

40 **[0018]** La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

[0019] Sur les dessins annexés :

- 45 [Fig. 1] est une vue schématique d'un moteur à combustion interne selon l'invention ;
- [Fig. 2] est une vue de détail de la zone II de la figure 1 à un premier instant ;
- [Fig. 3] est une vue de détail de la zone II de la figure 1 à un deuxième instant ;
- [Fig. 4] est une vue homologue aux vues des figures 2 et 3 ;
- [Fig. 5] est un schéma bloc illustrant le calcul d'une valeur de température selon un procédé de correction conforme à l'invention ;
- 50 [Fig. 6] présente des résultats obtenus avec le procédé de correction conforme à l'invention.

Dispositif

55 **[0020]** Dans la description, les termes « amont » et « aval » seront utilisés suivant le sens de l'écoulement des gaz, depuis le point de prélèvement de l'air frais dans l'atmosphère jusqu'à la sortie des gaz brûlés dans l'atmosphère.

[0021] Sur la figure 1, on a représenté schématiquement un moteur à combustion interne 1 de véhicule automobile, qui comprend un bloc-moteur 10 pourvu d'un vilebrequin et de quatre pistons (non représentés) logés dans quatre cylindres 11. Ce moteur est ici à allumage par compression (Diesel). Il pourrait également être à allumage commandé

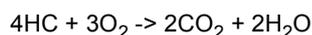
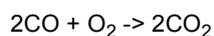
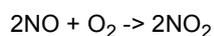
(Essence).

[0022] En amont des cylindres 11, le moteur à combustion interne 1 comporte une ligne d'admission 20 qui prélève l'air frais dans l'atmosphère et qui débouche dans un répartiteur d'air 25 agencé pour répartir l'air frais vers chacun des quatre cylindres 11 du bloc-moteur 10. Cette ligne d'admission 20 comporte, dans le sens d'écoulement de l'air frais, un filtre à air 21 qui filtre l'air frais prélevé dans l'atmosphère, un compresseur 22 qui comprime l'air frais filtré par le filtre à air 21, un refroidisseur d'air principal 23 qui refroidit cet air frais comprimé, et une vanne d'admission 24 qui permet de réguler le débit d'air frais débouchant dans le répartiteur d'air 25.

[0023] En sortie des cylindres 11, le moteur à combustion interne 1 comporte une ligne d'échappement 30 qui s'étend depuis un collecteur d'échappement 31 dans lequel débouchent les gaz qui ont été préalablement brûlés dans les cylindres 11, jusqu'à un silencieux d'échappement (non représenté) permettant de détendre les gaz brûlés avant qu'ils ne soient évacués dans l'atmosphère. Elle comporte par ailleurs, dans le sens d'écoulement des gaz brûlés, une turbine 32, et deux pots catalytiques 33, 37 de traitement des gaz brûlés.

[0024] La turbine 32 est entraînée en rotation par le flux de gaz brûlés sortant du collecteur d'échappement 31, et elle permet d'entraîner le compresseur 22 en rotation, grâce à des moyens de couplage mécanique tels qu'un arbre de transmission.

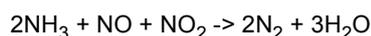
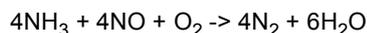
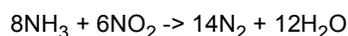
[0025] Le premier pot catalytique 33 comporte un catalyseur d'oxydation prévu pour oxyder les hydrocarbures imbrûlés contenus dans les gaz brûlés, ainsi que le monoxyde de carbone et le monoxyde d'azote. On y observe les réactions suivantes :



[0026] Le second pot catalytique 37, dit aussi SCRf, comporte un catalyseur de réduction sélective des oxydes d'azote 35, dit aussi catalyseur SCR 35 (pour « Selective Catalytic Réduction ») et un filtre à particules 39. Dans cet exemple, le catalyseur SCR 35 et le filtre à particules 39 sont situés dans une même enveloppe métallique.

[0027] Le filtre à particules 39 est prévu pour capter les particules solides de suie en suspension dans les gaz brûlés.

[0028] Le catalyseur SCR 35 est prévu pour accélérer la réduction des oxydes d'azote. On y observe les réactions suivantes :



[0029] Le second pot catalytique SCRf 37 est associé à des moyens d'injection 70 d'un agent réducteur dans la ligne d'échappement 30 et à des moyens d'homogénéisation 36 de cet agent réducteur avec les gaz brûlés avant qu'ils n'entrent dans le catalyseur SCR 35.

[0030] Les moyens d'injection 70 comportent ici un réservoir 71 de solution aqueuse, une pompe d'injection 72 (non représentée) agencée pour prélever la solution aqueuse dans le réservoir 71 afin de l'amener sous pression vers un injecteur 73 qui débouche dans le conduit de liaison 31 qui fait communiquer les deux pots catalytiques 33, 37.

[0031] Les moyens d'homogénéisation 36 (appelés également mélangeur) peuvent par exemple quant à eux se présenter sous la forme d'une simple hélice logée dans ce conduit de liaison, en aval de l'injecteur 73, et qui permet de rendre l'écoulement de gaz brûlés turbulent pour favoriser l'homogénéisation de la solution aqueuse avec ces gaz brûlés.

[0032] La solution aqueuse est ici un précurseur d'ammoniac, et plus précisément une solution d'urée et d'eau, à 32,5% en masse d'ammoniac, nommée Adblue®. Bien entendu, elle pourrait être formée par tout autre agent réducteur adapté à réduire les oxydes d'azote.

[0033] Le SCRf 37 est associé à un capteur de pression différentielle 34 à ses bornes, qui permet de connaître l'état du chargement en suies du filtre à particules 39. La connaissance de l'état du chargement en suies permet de déclencher des régénérations par combustion des suies lorsque le chargement atteint un seuil.

[0034] Les régénérations sont des phases de nettoyage du filtre à particules 39 par combustion des suies piégées à l'intérieur de ce dernier, afin de conserver son efficacité pour la filtration (c'est-à-dire : le stockage) des particules. Les régénérations nécessitent une température très élevée (entre 550 et 650 degrés Celsius) et sont généralement déclenchées par un calculateur 100 du moteur, décrit plus loin.

[0035] Sur la ligne d'échappement et entre le premier pot catalytique 33 et l'injecteur 73 se situe un capteur de

température amont C_{in} , mesurant une température notée T_{in} .

[0036] Le SCRf 37 comporte à son entrée un autre capteur de température, appelé capteur de température principal C_{out} , mesurant une température notée T_{out} . Plus précisément le capteur de température principal C_{out} se situe sur la ligne d'échappement 30 entre les moyens d'homogénéisation 36 et le SCRf 37. Pour des raisons d'intégration, le capteur de température principal C_{out} présente une forme qui n'est pas optimale pour sa précision de mesure.

[0037] Ici, le moteur à combustion interne 1 comporte également une ligne de recirculation des gaz brûlés à haute pression depuis la ligne d'échappement 30 vers la ligne d'admission 20. Cette ligne de recirculation est communément appelée ligne EGR-HP 40, conformément à l'acronyme anglo-saxon de « Exhaust Gaz Recirculation - High Pressure ». Elle prend naissance dans la ligne d'échappement 30, entre le collecteur d'échappement 31 et la turbine 32, et elle débouche dans la ligne d'admission 20, entre la vanne d'admission 24 et le répartiteur d'air 25. Cette ligne EGR-HP 40 permet de prélever une partie des gaz brûlés circulant dans la ligne d'échappement 30 pour la réinjecter dans les cylindres 11 afin de réduire les émissions polluantes du moteur, et en particulier les émissions d'oxydes d'azote. Cette ligne EGR-HP 40 comporte un refroidisseur secondaire pour refroidir les gaz EGR-HP, suivi d'une vanne EGR-HP 41 pour réguler le débit de gaz EGR-HP débouchant dans le répartiteur d'air 25.

[0038] Le moteur à combustion interne 1 comporte aussi une ligne de recirculation des gaz brûlés à basse pression depuis la ligne d'échappement 30 vers la ligne d'admission 20. Cette ligne de recirculation est communément appelée ligne EGR-LP 50, conformément à l'acronyme anglo-saxon de « Exhaust Gaz Recirculation - Low Pressure ». Elle prend naissance dans la ligne d'échappement 30, à la sortie du SCRf 37, comporte un filtre 61 et un refroidisseur 62, et débouche dans la ligne d'admission 20, entre le filtre à air 21 et le compresseur 22. Cette ligne EGR-LP 50 permet de prélever une partie des gaz brûlés circulant dans la ligne d'échappement 30, appelés gaz EGR-LP, pour la réinjecter dans les cylindres 11 afin également de réduire les émissions polluantes du moteur. Elle comporte une vanne de régulation du débit de gaz EGR-LP, appelée vanne EGR-LP 51.

[0039] Le moteur à combustion interne 1 peut également comporter plusieurs capteurs de température, afin de mesurer la température en différents points de celui-ci.

[0040] Pour piloter les différents organes du moteur à combustion interne 1, il est prévu un calculateur (non représenté) comportant un processeur et une mémoire, et différentes interfaces d'entrée et de sortie.

[0041] Grâce à ses interfaces d'entrée, le calculateur 100 est adapté à recevoir de différents capteurs des signaux d'entrée relatifs au fonctionnement du moteur.

[0042] Dans sa mémoire vive, le calculateur 100 mémorise notamment en continu :

- la différence de pression DP entre la sortie et l'entrée du SCRf 37,
- la température T_{out} mesurée par le capteur de température principal C_{out} ,
- la température T_{in} mesurée par le capteur de température amont C_{in} .

Procédé

[0043] Pour maîtriser la dépollution et la sécurité du véhicule, il est nécessaire de connaître le plus précisément possible l'ensemble des températures de la ligne d'échappement 30.

[0044] Comme expliqué supra, la température T_{out} à l'entrée du SCRf 37 mesurée par le capteur de température principal C_{out} sert à réguler la température interne du filtre à particules 39 autour d'une consigne lors des phases de régénération.

[0045] Par ailleurs, comme également indiqué plus haut, la connaissance de la température à l'entrée du SCRf 37 permet de réguler l'injection de solution d'Adblue dans le catalyseur SCR 35 afin d'optimiser l'efficacité de traitement des oxydes d'azote par le catalyseur SCR 35.

[0046] L'agencement du capteur de température principal C_{out} peut dépendre de contraintes de conception du moteur à combustion interne 1. Par exemple, en cas d'espace réduit, le capteur de température principal C_{out} peut être déporté et éloigné du SCRf 37. Alternativement, si le capteur de température principal C_{out} est une sonde, la partie sensible, plus précisément son aiguille, peut être raccourcie du fait de contraintes d'encombrement.

[0047] De telles modifications impactent la réponse temporelle du capteur de température principal C_{out} et par conséquent la précision de la température T_{out} mesurée par ce dernier. Notamment, lors des phases de régénération du filtre à particules 39, le filtre à particules 39 subit des gradients thermiques qu'il est important de pouvoir mesurer avec précision et rapidement pour assurer sa protection.

[0048] Afin de prendre en compte l'impact de l'agencement spatial dans le moteur à combustion interne 1 du capteur de température principal C_{out} sur sa précision, l'invention propose un procédé de correction de la température T_{out} mesurée par ce dernier, utilisant la température T_{in} mesurée par le capteur de température amont C_{in} . La température après correction est notée T_s . Il est supposé que la température T_{in} mesurée par le capteur de température amont C_{in} est mesurée avec une précision suffisante.

[0049] Le procédé de correction utilise une modélisation dynamique de la température à l'entrée du SCRf 37 résultant

EP 4 112 898 A1

d'un bilan thermodynamique d'un système thermodynamique fermé Sc illustré à la figure 2.

[0050] Le système thermodynamique fermé Sc correspond à une quantité de gaz d'échappement se déplaçant à l'intérieur de la ligne d'échappement.

[0051] Plus précisément, en référence à la figure 2, à un instant t, la quantité de gaz d'échappement occupe le volume V(t) compris entre la sortie du premier pot catalytique 33, où se situe le capteur de température amont C_{in}, et la sortie des moyens d'homogénéisation 36. Le volume V(t) est représenté sur la figure 2 par l'union des volumes V1, V2 et V3, où

- V1 est le volume compris entre la sortie du premier pot catalytique 33 et l'entrée des moyens d'homogénéisation 36,
- V2 est le volume compris dans les moyens d'homogénéisation 36, et
- V3 est le volume compris entre la sortie des moyens d'homogénéisation 36 et l'entrée du filtre à particules 39.

[0052] On considère sur la figure 3 un instant ultérieur t+Δt, Δt représentant une durée temporelle, auquel les molécules de gaz d'échappement qui se trouvaient à la sortie du premier pot catalytique 33 à l'instant t atteignent la sortie des moyens d'homogénéisation 36. A cet instant ultérieur t+Δt, les molécules de gaz d'échappement qui se trouvaient à l'entrée du filtre à particules 39 atteignent un point F situé à l'intérieur du filtre à particules 39. A l'instant ultérieur t+Δt, comme illustré à la figure 2, la quantité de gaz d'échappement précitée occupe le volume V(t+ Δt) résultant de l'union des volumes V3 et V4, où V4 représente un volume remplissant une partie du filtre à particules 39, depuis l'entrée du filtre à particules 39 jusqu'au point F.

[0053] On définit ainsi, en référence à la figure 4 : un sous-système ouvert S occupant le volume V3 entre la sortie des moyens d'homogénéisation 36 et l'entrée du filtre à particules 39 ; un sous-système d'entrée Sin, occupant, l'union des volumes V1 et V2; et un sous-système de sortie Sout occupant le volume V4.

[0054] Le sous-système d'entrée Sin constitue une masse Δm_{in} arrivant dans le sous-système S pendant la durée temporelle Δt. Le sous-système de sortie Sout constitue une masse Δm_{out} quittant le sous-système ouvert S pendant la durée temporelle Δt.

[0055] Le système Sc est composé de la réunion du système S+Sin à l'instant t et du système S+Sout à l'instant ultérieur t+ Δt.

[0056] Puis, selon l'invention, on réalise une étude du bilan thermodynamique du système Sc afin d'obtenir une modélisation de la différence entre la température corrigée T_s recherchée et la température T_{out} mesurée par le capteur de température principal C_{out}.

[0057] L'application du premier principe de la thermodynamique au système fermé Sc s'écrit :

[Math 1]

$$U_c(t + \Delta t) - U_c(t) = U_s(t + \Delta t) + \Delta m_{out} e_{mout} + U_{out} - U_s(t) - \Delta m_{in} e_{min} - U_{in}$$

[Math 2]

$$U_c(t + \Delta t) - U_c(t) = \Delta W + \Delta Q$$

où U_c désigne l'énergie interne du système Sc,

U_s désigne l'énergie interne du système S,

Δm_{out} et Δm_{in} désignent les masses de gaz d'échappement respectivement sortant du système S à l'instant ultérieur t+Δt et entrant dans le système S à l'instant t,

e_{mout} et e_{min} désignent les densités énergétiques mécaniques par gaz kg,

ΔW désigne le travail du gaz d'échappement pendant la durée temporelle Δt,

ΔQ désigne le transfert de chaleur pendant la durée temporelle Δt.

[0058] En utilisant la méthode d'écriture différentielle, où pour une variable x, $\dot{x} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, il apparaît que :

[Math 3]

$$\dot{U}_s = \dot{m}_{in} e_{min} + \dot{U}_{in} - \dot{m}_{out} e_{mout} - \dot{U}_{out} + \dot{W} + \dot{Q}$$

5

[0059] Le travail W peut s'écrire comme la somme du travail mécanique W_u et du travail des forces de pression W_p :

10

[Math 4]

$$W = W_u + W_p = W_u + P_{in} V_{in} - P_{out} V_{out}$$

15

[0060] En utilisant la définition de l'enthalpie H_{in} du fluide entrant dans le système Sc et de l'enthalpie H_{out} du fluide sortant du système Sc , à savoir $H_{in} = U_{in} + P_{in} V_{in}$ et $H_{out} = U_{out} + P_{out} V_{out}$, ainsi que les enthalpies massiques correspondantes $h_{in} = H_{in}/m_{in}$ et $h_{out} = H_{out}/m_{out}$, il résulte que :

20

[Math 5]

$$\dot{U}_s = \dot{m}_{in} (e_{min} + h_{min}) - \dot{m}_{out} (e_{mout} - h_{mout}) + \dot{W} + \dot{Q}$$

25

[0061] En utilisant la valeur de la capacité thermique massique des gaz d'échappement à pression constante c_p en J/K/kg, la valeur de la capacité thermique massique des gaz d'échappement à volume constant c_v en J/K/kg, la relation entre l'enthalpie massique h , c_p et la température T $h = c_p T$, la masse du sous-système S m_s , on peut écrire :

30

[Math 6]

$$\dot{U}_s = m_s c_v \dot{T}_s + \dot{m}_s c_v T_s$$

et

35

[Math 7]

$$m_s c_v \dot{T}_s + \dot{m}_s c_v T_s = \dot{m}_{in} (e_{min} + c_p T_{in}) - \dot{m}_{out} (e_{mout} - c_p T_{out}) + \dot{W}_u + \dot{Q}$$

40

[0062] La dernière équation peut être simplifiée en effectuant les hypothèses suivantes :

45

- le débit massique des gaz d'échappement dans la ligne d'échappement, et donc à l'entrée du sous-système S \dot{m}_{in} et en sortie du sous-système S \dot{m}_{out} est constant ;
- la masse du sous-système S se conserve, c'est-à-dire que \dot{m}_s est égal à zéro ;
- le travail mécanique des gaz d'échappement est nul, c'est-à-dire que \dot{W}_u est égal à zéro ;
- le transfert de chaleur est modélisé uniquement par des pertes de conduction thermique, et aucune perte par convection n'est considérée, en faisant l'hypothèse que du fait que la ligne d'échappement du moteur est logée sous le capot du véhicule, elle est à l'abri de la circulation d'air extérieur :

50

[Math 8]

$$\dot{Q} = \frac{T_s - T_{env}}{R_{th}}$$

55

où R_{th} désigne la résistance thermique du système et T_{env} désigne la température de l'environnement sous capot

- autour de la ligne de d'échappement, plus précisément entre les moyens d'homogénéisation et le filtre à particules ;
- l'énergie mécanique du système Sc est constante, c'est-à-dire que e_{min} et e_{mout} sont nulles.

[0063] Il résulte ainsi que :

5

[Math 8]

10

$$\dot{T}_s = \frac{m_{in}c_p(T_{in}-T_{out}) + \frac{T_{env}-T_s}{R}}{m_s c_v}$$

[0064] En revenant à une écriture discrétisée, l'équation précédente s'écrit :

15

[Math 9]

20

$$\frac{T_s(t) - T_s(t-\Delta t)}{\Delta t} = \frac{m_{in}c_p(T_{in}-T_{out}) + \frac{T_{env}-T_s(t-\Delta t)}{R}}{m_s c_v}$$

[0065] On approxime la valeur de la température T_s à l'instant $t-\Delta t$ par la température mesurée par le capteur principal T_{out} . Ainsi la différence $T_s - T_{out}$ recherchée s'écrit :

25

[Math 10]

30

$$T_s - T_{out} = \Delta T_{corr} = \frac{m_{in}c_p(T_{in}-T_{out}) + \frac{T_{env}-T_{out}}{R}}{m_s c_v}$$

[0066] Ainsi, le procédé de correction de la température initiale mesurée par le capteur de température principal consiste à corriger la température initiale T_{out} par :

35

$$T_s = T_{out} + \Delta T_{corr} = T_{out} + A \cdot D \cdot (T_{in} - T_{out}) + B \cdot (T_{env} - T_{out}) \cdot \Delta t,$$

40

où A et B sont respectivement un premier coefficient de calibration et un deuxième coefficient de calibration, et D est le débit massique des gaz d'échappement dans la ligne d'échappement 30.

[0067] Ainsi, la modélisation utilisée permet de déterminer T_s au moyen d'un calcul simple, faisant intervenir différents paramètres relatifs au fonctionnement du véhicule (T_{out} , T_{in} , D, ...) et des paramètres de réglage (les coefficients de calibration A et B). Cela permet au calculateur 100 d'effectuer la correction de la température T_{out} mesurée par le capteur de température principal C_{out} , à partir de la formule précédente.

45

[0068] Les valeurs nécessaires à ce calcul sont déterminées de la manière suivante, lors d'essais préalables à la mise en circulation du véhicule.

[0069] Les températures T_{in} et T_{out} sont mesurées respectivement par le capteur de température amont C_{in} et le capteur de température principal C_{out} et sont mémorisées dans la mémoire vive du calculateur 100.

50

[0070] Le débit massique D des gaz d'échappement est lié au régime R du moteur. Le débit massique D peut être mesuré par un débitmètre (non représenté) prévu sur la ligne d'échappement 30.

[0071] La température T_{env} peut être mesurée par un capteur de température environnante implanté sous le capot du véhicule.

55

[0072] En variante et de manière préférentielle, la température environnante T_{env} peut être estimée en appliquant un filtre du premier ordre à la température mesurée par le capteur de température amont. En effet, le conduit métallique dans lequel circulent les gaz d'échappement présente une inertie thermique plus élevée que celle des gaz d'échappement. Ainsi, l'influence du conduit métallique sur la température des gaz peut être modélisée par un filtre du premier ordre F.

[0073] Le premier coefficient de calibration A et le deuxième coefficient de calibration B sont déterminés lors d'essais

de roulage dans différentes conditions, afin de couvrir une plage étendue de valeurs de température T_{in} et de valeurs de débit massique D.

[0074] L'objectif de ces essais de roulage est de relever des données expérimentales permettant de déterminer les valeurs du premier coefficient de calibration A et du deuxième coefficient de calibration B par minimisation de l'écart entre la température T_s calculée et une température de référence T_{ref} effectivement mesurée par un thermocouple installé, le temps de la période des essais de roulage, dans un piquage percé, lors de la mise au point du moteur, sur la conduite située entre les moyens d'homogénéisation 36 et le SCRf 37. Cette température de référence T_{ref} est supposée représentée parfaitement la température à l'entrée du SCRf 37 et donc du filtre à particules 39. L'optimisation utilise les données expérimentales et tout module d'optimisation de logiciels de calcul connus.

[0075] Par exemple, une série d'essais de roulage en mélange riche, c'est-à-dire lorsque la quantité de carburant est en excès par rapport à la quantité d'oxygène, permet de rendre prépondérant le terme comportant le premier coefficient de calibration A et de déterminer celui-ci.

[0076] Par exemple encore, une série de tests de roulage en mode dit « stop and start », c'est-à-dire, où le moteur thermique est mis en veille lorsque le véhicule est immobilisé et est redémarré automatiquement, permet de rendre prépondérant le terme comportant le deuxième coefficient de calibration B et de déterminer celui-ci.

[0077] D'autres séries d'essais permettent d'augmenter la quantité de données expérimentales servant à la détermination des valeurs A et B, par exemple des essais de roulage en mélange pauvre, ou encore des essais de roulage en phase de régénération du filtre à particules.

[0078] Dans un mode de réalisation, les valeurs A et B sont des constantes, issues par exemple d'une opération de moyennage des valeurs obtenues pendant la période des essais.

[0079] Dans un autre mode de réalisation, les valeurs A et B dépendent de paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne 1, tels que son régime ou sa charge. Dans ce mode de réalisation, au moins un paramètre de fonctionnement du moteur à combustion interne 1 est acquis. Puis, le premier coefficient de calibration A et/ou du second coefficient de calibration B sont calculés en fonction de chaque paramètre de fonctionnement acquis.

[0080] La figure 5 représente un schéma bloc illustrant l'implémentation par le calculateur 100 du procédé de correction selon l'invention, une fois le premier coefficient de calibration A et le deuxième coefficient de calibration B déterminés par la série d'essais de roulage.

[0081] Le calculateur 100 implémente deux blocs multiplicatifs S1 et S2, calculant respectivement les produits $A * D * (T_{in} - T_{out})$ et $B * (T_{env} - T_{out})$, avec la température T_{env} calculée par filtrage de la température T_{in} .

[0082] Le calculateur 100 implémente ensuite un bloc additif S3, calculant la somme du résultat du bloc S1 et du résultat du bloc S2 multiplié par un multiple d'un incrément temporel $\Delta t = i * \Delta t_i$, où l'incrément temporel Δt_i a pour valeur typique 100 ms.

[0083] Le calculateur 100 implémente ensuite un bloc additif S4, calculant la somme de la température T_{out} mesurée par le capteur de température principal C_{out} et du résultat du bloc S3, afin de retourner la valeur corrigée T_s .

[0084] La figure 6 montre le résultat de la correction obtenue de la température T_{out} mesurée par le capteur de température principal C_{out} par le procédé de correction selon l'invention. La courbe C1 représente l'évolution de la température corrigée T_s . La courbe C2 représente l'évolution de la température de référence T_{ref} . La courbe C3 représente la température T_{in} . La courbe C4 représente la température mesurée T_{out} (avant correction). On peut dans un premier temps observer l'écart entre la température T_{out} et la température de référence T_{ref} . Aussi, on observe la proximité de la température corrigée T_s , c'est-à-dire la courbe C1, avec la température de référence T_{ref} , c'est-à-dire la courbe C2. Ainsi, le procédé de correction conforme à l'invention permet de diminuer l'écart entre la température T_{out} et la température de référence T_{ref} et d'obtenir une température corrigée T_s plus proche de la température de référence T_{ref} .

Variantes

[0085] La présente invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés, mais l'homme du métier saura y apporter toute variante conforme à l'invention.

[0086] Par exemple, le procédé de correction selon l'invention peut s'appliquer à la correction de la mesure d'un capteur de température primaire situé le long d'une conduite de gaz, dont on souhaite améliorer la précision, par exemple parce que ce capteur de température primaire est mal positionné ou que sa partie sensible est mal arrosée par le flux de gaz. Il est requis, pour la mise en œuvre du procédé de correction, la connaissance de la mesure d'un capteur de température situé en amont du capteur de température primaire, dont la précision est suffisante pour l'application recherchée.

Revendications

1. Procédé de correction d'une valeur de température initiale (T_{out}) mesurée par un capteur de température principal

EP 4 112 898 A1

(C_{out}) situé dans une conduite de gaz (31) dans laquelle circule un gaz, **caractérisé en ce que** le procédé comprend les étapes suivantes :

- mesure d'une valeur de température amont (T_{in}) par un capteur de température amont (C_{in}) situé en amont par rapport audit capteur de température principal (C_{out}) le long de la conduite de gaz (31),
- calcul d'une valeur corrigée (T_s) de la valeur de température initiale (T_{out}) en fonction de la valeur de température initiale (T_{out}) et de la valeur de température amont (T_{in}).

2. Procédé de correction selon la revendication 1, dans lequel ladite valeur corrigée (T_s) est en outre calculée en fonction du débit massique (D) du gaz circulant dans la conduite de gaz (31).

3. Procédé de correction selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel il est prévu une étape de détermination d'une valeur de température (T_{env}) de l'environnement autour de la conduite de gaz (31), et dans lequel ladite valeur corrigée (T_s) est en outre calculée en fonction de la valeur de température (T_{env}) de l'environnement et du temps écoulé (Δt) à partir d'un instant (t) de la mesure de la valeur de température amont (T_{in}).

4. Procédé de correction selon la revendication 3, dans lequel la valeur de température (T_{env}) de l'environnement autour de la conduite de gaz est calculée en fonction de la valeur de température amont (T_{in}).

5. Procédé de correction selon la revendication 2 et la revendication 3 ou 4, dans lequel la valeur corrigée (T_s) est calculée au moyen de l'équation :

$$T_s = T_{out} + A * D * (T_{in} - T_{out}) + B * (T_{env} - T_{out}) * \Delta t,$$

dans lequel A et B sont respectivement un premier coefficient de calibration et un second coefficient de calibration, T_s est la valeur corrigée, T_{out} est la valeur de la température initiale, T_{in} est la valeur de température amont, T_{env} est la valeur de température de l'environnement autour de la conduite de gaz (31), et Δt est le temps écoulé à partir dudit instant (t) de la mesure de la valeur de température amont (T_{in}).

6. Procédé de correction selon la revendication 5, dans lequel le premier coefficient de calibration A et le second coefficient B de calibration sont des valeurs constantes.

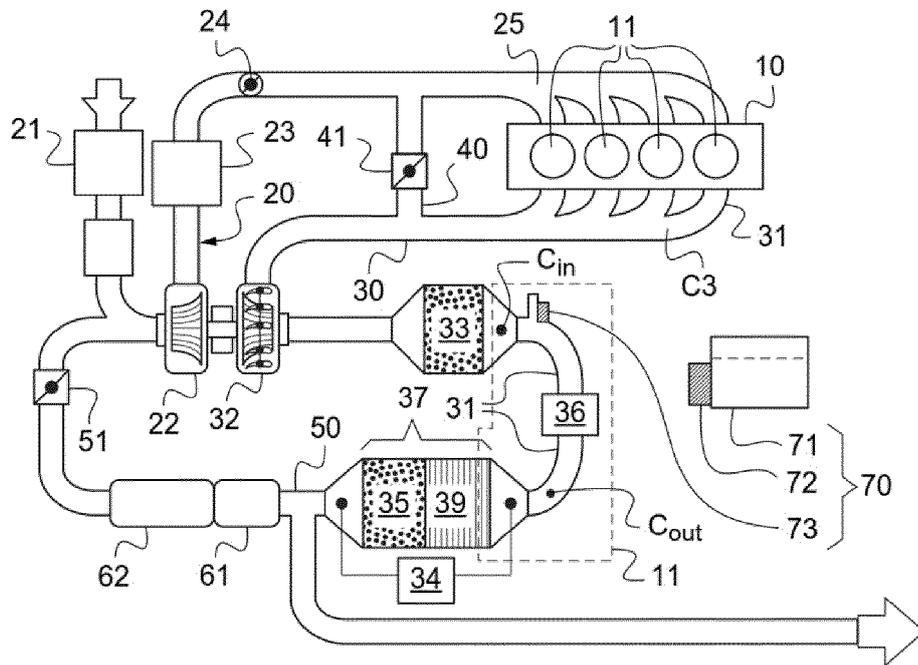
7. Procédé de correction selon la revendication 5, dans lequel il est prévu une étape d'acquisition d'au moins un paramètre de fonctionnement du moteur à combustion interne et une étape de calcul du premier coefficient de calibration A et/ou du second coefficient de calibration B en fonction de chaque paramètre de fonctionnement acquis.

8. Procédé de correction selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la conduite de gaz (31) appartient à une ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne (1).

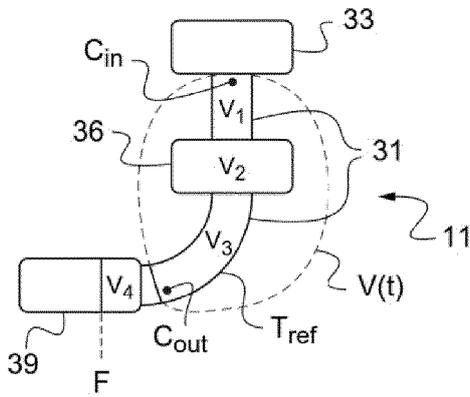
9. Procédé de correction selon la revendication 8, dans lequel le capteur de température principal (C_{out}) est positionné en amont d'un filtre à particules (39) sur la ligne d'échappement du moteur à combustion interne (1) et le capteur de température amont (C_{in}) est positionné en amont d'un mélangeur (36), ledit mélangeur (36) étant positionné entre le capteur de température principal (C_{out}) et le capteur de température amont (C_{in}).

10. Moteur à combustion interne (1) comportant un circuit d'échappement de gaz brûlés qui comporte au moins une conduite de gaz (31), un capteur de température principal (C_{out}) et un capteur de température amont (C_{in}) situé en amont par rapport audit capteur de température principal (C_{out}), **caractérisé en ce qu'il** comprend une unité de calcul adaptée à mettre en œuvre un procédé de correction conforme à l'une quelconque des revendications précédentes.

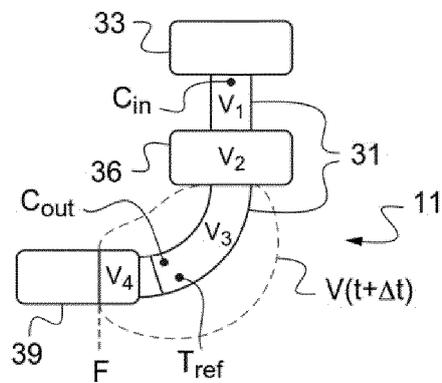
[Fig. 1]



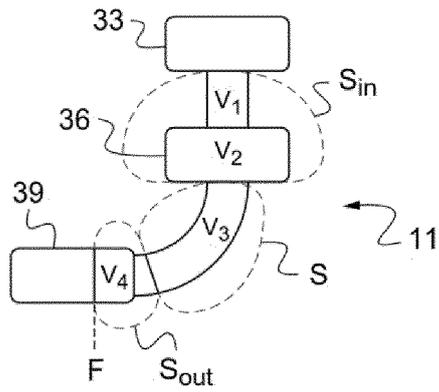
[Fig. 2]



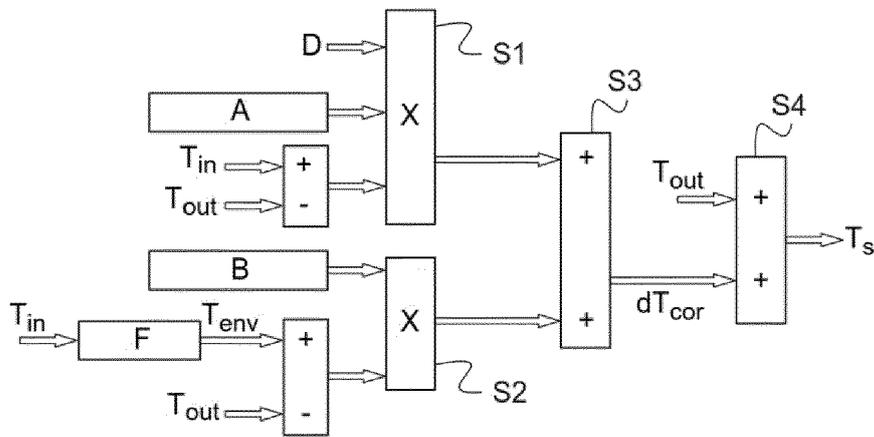
[Fig. 3]



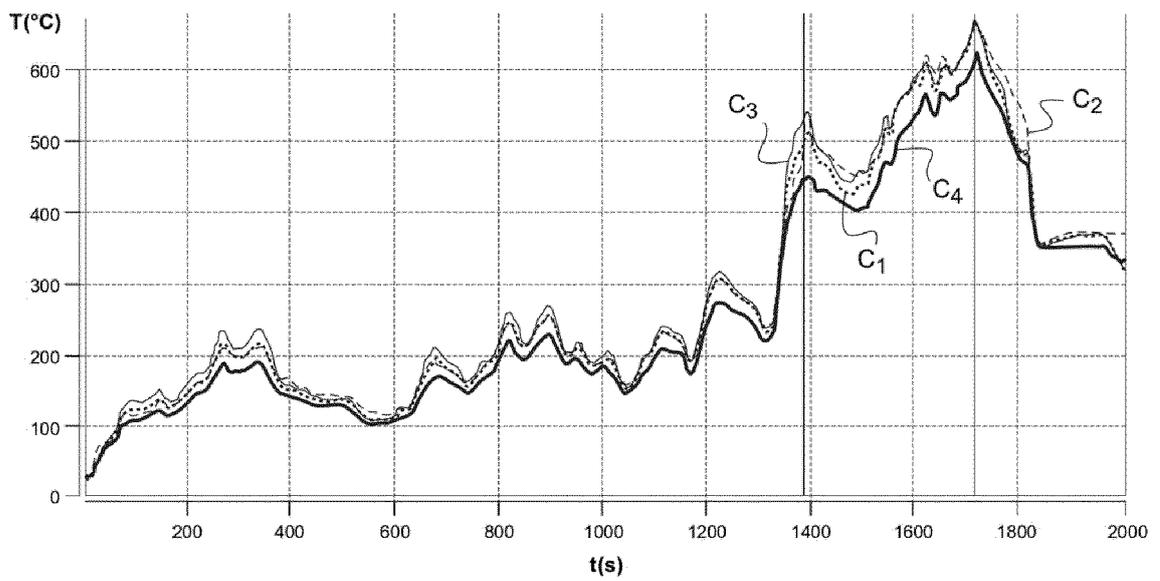
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 22 18 2011

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2018/266299 A1 (GUO YICHAO [US]) 20 septembre 2018 (2018-09-20) * alinéa [0028]; revendications 1,2; figures 1,2,7 *	1-10	INV. F01N3/20 F01N3/035 F01N3/10 F01N3/28 F01N9/00
A	DE 10 2016 101862 A1 (PORSCHER AG [DE]) 3 août 2017 (2017-08-03) * alinéa [0019] - alinéa [0021]; figure 1 *	1-10	
A	US 5 879 082 A (SMITHERMAN JOHN P [US] ET AL) 9 mars 1999 (1999-03-09) * colonne 5, ligne 12 - ligne 24; figures 1,2 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F01N
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 18 novembre 2022	Examineur Zebst, Marc
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503 03:82 (P04C02)

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

EP 22 18 2011

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

18-11-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2018266299 A1	20-09-2018	AUCUN	
DE 102016101862 A1	03-08-2017	AUCUN	
US 5879082 A	09-03-1999	AUCUN	

EPO FORM P0460

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