

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2013/190365 A2**

(43) Date de la publication internationale  
27 décembre 2013 (27.12.2013)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
*G01M 15/10* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/IB2013/001291
- (22) Date de dépôt international :  
20 juin 2013 (20.06.2013)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
12/01767 21 juin 2012 (21.06.2012) FR
- (71) Déposant : AIR B.E. [FR/FR]; 18, Villa Marguerite, F-92130 Issy-les-Moulineaux (FR).
- (72) Inventeur : LEGRAND, Agnès; AIR B.E., 18, Villa Marguerite, F-92130 Issy-les-Moulineaux (FR).
- (74) Mandataire : LAPOINTE, Réjean; Twenans, 10, rue Saint-Exupéry, F-63170 Aubière (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : METHOD FOR MONITORING AND REDUCING THE POLLUTING EMISSIONS OF VEHICLES

(54) Titre : PROCEDE DE CONTROLE ET DE REDUCTION DES EMISSIONS POLLUANTES DE VEHICULES

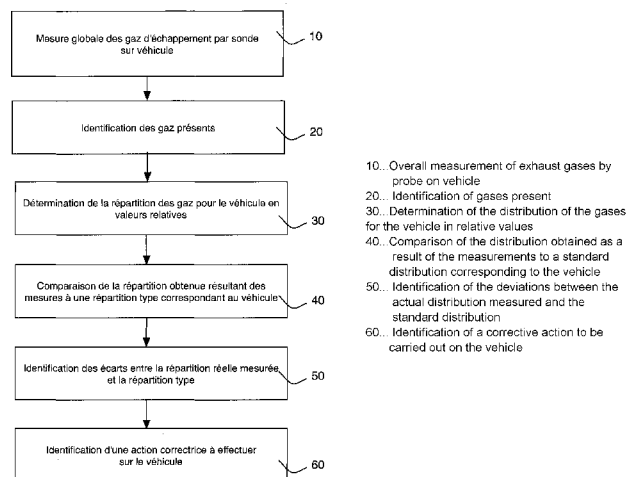


Figure 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for comparing and reducing the polluting emissions of a motor vehicle, comprising the steps involving: by means of a probe for analysing exhaust gases, detecting the emissions of a vehicle during a test of the engine under given running conditions; establishing an actual footprint corresponding to the vehicle on which the emissions are measured; comparing the actual footprint obtained to a standard footprint corresponding to the vehicle on which the emissions are measured; depending on the deviations measured between the two footprints, determining a corrective action to be carried out on the vehicle in order to reduce the polluting emissions of same.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2013/190365 A2

---

Procédé de contrôle de comparaison et de réduction des émissions polluantes d'un véhicule automobile comportant les étapes consistant à : • à l'aide d'une sonde d'analyse des gaz d'échappement, détecter les émissions d'un véhicule lors d'un test du moteur dans des conditions données de fonctionnement; • établir une empreinte effective correspondant au véhicule sur lequel les émissions sont mesurées; • comparer l'empreinte effective obtenue à une empreinte type correspondant au véhicule sur lequel les émissions sont mesurées; • sur la base d'écart mesurés entre les deux empreintes, déterminer une action correctrice à effectuer sur le véhicule afin de réduire les émissions polluantes de ce dernier.

## PROCEDE DE CONTROLE ET DE REDUCTION DES EMISSIONS POLLUANTES DE VEHICULES

### DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 [0001] La présente invention concerne un procédé de contrôle, de suivi et de réduction des émissions polluantes de véhicules.

### ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

10 [0002] La demande de brevet FR 2 919 671 propose un procédé de diagnostic d'un moteur diesel destiné à déterminer si ce moteur ou au moins un organe associé à celui-ci est affecté d'un ou plusieurs dysfonctionnements influant négativement sur le degré de pollution des gaz d'échappement produits par ce moteur. Le procédé comprend les étapes consistant à analyser le taux de dioxyde  
15 de carbone (CO<sub>2</sub>) ou l'évolution de ce taux dans ces gaz d'échappement, seul ou en association avec le taux ou l'évolution du taux d'un autre gaz, en fonction d'un état prédéterminé du moteur et à caractériser, à partir de ladite analyse, le ou les dysfonctionnements éventuels affectant le moteur diesel et/ou le ou les organes associés à celui-ci. Ce procédé ne permet toutefois pas d'obtenir de valeurs  
20 d'émissions de polluants. Il ne permet par ailleurs pas de déterminer des actions correctrices de façon élargie en fonction de divers types de pollutions causées par le véhicule diagnostiqué.

[0003] Le document WO2010/028082 décrit un procédé et un appareil pour la  
25 détermination de la réduction de la pollution réelle résultant de l'exploitation d'un véhicule électrique en place d'un équivalent à combustion interne. Un enregistreur de données de bord utilise des données d'un dispositif de comptage de l'énergie. Les données accumulées sont stockées dans une mémoire sécurisée et sont périodiquement transmises à un centre de traitement de données distant au  
30 moyen d'une connexion sécurisée. Au centre de traitement à distance, les données accumulées sont évaluées et converties en une représentation uniforme

**CONFIRMATION COPY**

de réduction de la pollution. La solution proposée ne concerne que les véhicules électriques, et ne permet pas, par exemple, de déterminer les données en relation avec une flotte de véhicules à moteur thermique.

5 **[0004]** Pour pallier ces différents inconvénients, l'invention prévoit différents moyens techniques.

### **EXPOSE DE L'INVENTION**

10

**[0005]** Tout d'abord, un premier objet de l'invention consiste à prévoir un procédé permettant de déterminer les quantités exactes de polluants émis par les véhicules.

15

**[0006]** Un autre objet de l'invention consiste à prévoir un procédé permettant de déterminer des actions correctrices à apporter à un véhicule (ou à une flotte de véhicules) en fonction des résultats de mesures de polluants.

20

**[0007]** Pour ce faire, l'invention prévoit un procédé de contrôle et de réduction des émissions polluantes de véhicules comportant les étapes consistant à :

25

- à l'aide d'une sonde d'analyse des gaz d'échappement d'un véhicule, détecter les gaz émis par le véhicule lors d'un test du moteur dans des conditions données de fonctionnement ;
  - déterminer la répartition effective des gaz émis (empreinte effective) par le
- 30
- véhicule sur lequel les mesures sont effectuées ;
  - comparer la répartition effective obtenue à une répartition type correspondant au véhicule sur lequel les gaz sont mesurés ;
  - sur la base d'écart mesurés entre les deux répartitions, déterminer une action correctrice (parmi des cas types pré-établis) à effectuer sur le véhicule afin de
- réduire les émissions polluantes de ce dernier, c'est-à-dire en diminuant l'écart par rapport à la répartition type ou de référence.

**[0008]** Selon un mode de réalisation avantageux, l'empreinte atmosphérique comporte des données d'émission en valeur relatives (% ou ppmv) mesurées sur

au moins les gaz suivants : CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (calculé), HC et NH<sub>3</sub>. Les émissions de particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) peuvent être estimées à l'aide d'un opacimètre ou tout autre procédé adapté.

5 **[0009]** Selon un mode de réalisation avantageux, la répartition par gaz est établie sur un graphe multi-axes en forme de polygone (de préférence un pentagone) dont le nombre d'axes correspond au nombre de gaz. Cette répartition, forme un profil ou forme ou empreinte identifiable et comparable à des profils ou formes ou empreintes de référence.

10

**[0010]** Selon encore un mode de réalisation avantageux, le pentagone indique les gaz suivants, répartis angulairement autour du polygone dans l'ordre suivant, selon le sens horaire : CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, HC, NO<sub>x</sub>.

15 **[0011]** Selon un autre mode de réalisation avantageux, le procédé comporte par ailleurs une étape consistant à mesurer le débit des gaz d'échappement du véhicule (par mesure directe ou indirecte).

20 **[0012]** Selon un autre mode de réalisation avantageux, le procédé comporte par ailleurs les étapes consistant à:

- déterminer, à partir des données relatives de chaque gaz et des données de débit de l'ensemble des gaz émis, le débit pour chacun des gaz;
  - déterminer, pour une période de référence, la masse correspondante de gaz émise par le véhicule pour au moins un gaz et de préférence les gaz ou polluants suivants O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (calculé), HC, NH<sub>3</sub> et les
- 25 particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>).

**[0013]** La prise en compte des particules peut être obtenue par mesure directe (ex : SMPS ou impacteur) ou par extrapolation à partir d'une mesure type

30 opacimétrie.

**[0014]** Il s'agit de définir les relations permettant de passer des concentrations relatives (ppmv ou %) aux concentrations réelles (g/km ou g/min). Selon un autre exemple avantageux de réalisation, le passage aux concentrations réelles est déterminé à l'aide des relations suivantes :

5

**[0015]** Données de base :

- TCO<sub>2</sub> (g/km) : Taux d'émission du CO<sub>2</sub> en grammes par kilomètre
- rCO<sub>2</sub> (ppmv) : Rapport de mélange volumique du CO<sub>2</sub> dans l'air d'échappement
- rX (ppmv) : Rapport de mélange volumique du polluant X (NO<sub>x</sub>, HC, ...) dans l'air d'échappement

10

**[0016]** On veut trouver : TX (g/km) Taux d'émission du polluant X (NO<sub>x</sub>, HC, ...) par kilomètre. On a :

$$T_X = C_X \cdot V_{1km} \quad (1)$$

15 Avec :

- C<sub>x</sub> : concentration du polluant X dans l'air d'échappement en g/m<sup>3</sup> : masse contenue dans 1 m<sup>3</sup> de gaz d'échappement.
- V<sub>1km</sub> : Volume de gaz d'échappement émis sur 1 km en m<sup>3</sup>.

20

**[0017]** Calcul de CX :

On a par définition :

$$r_X (ppmv) = 10^6 \frac{V_X}{V_E} \quad (2)$$

25 Avec :

- V<sub>X</sub> : volume du polluant X en m<sup>3</sup>
- V<sub>E</sub> : Volume d'échappement en m<sup>3</sup>

La loi des gaz parfaits (qui doit rester une bonne approximation pour les gaz d'échappement) nous donne :

30

$$PV_X = n_X RT = \frac{m_X}{M_X} RT \quad (3)$$

Avec :

- P : pression des gaz d'échappement en Pa

- T : température des gaz d'échappement en °K
- $n_x$  : nombre de mole de polluant X
- $m_x$  : masse de polluant X en g.
- $M_x$  : masse molaire du polluant X en g/mole
- 5 - R : constante des gaz parfaits

On a donc :

$$V_x = \frac{m_x}{M_x} \frac{RT}{P}$$

10 En réalisant la substitution dans (2), on obtient :

$$r_x (ppmv) = 10^6 \frac{m_x}{V_E} \frac{1}{M_x} \frac{RT}{P}$$

Or par définition, la concentration du polluant X c'est le rapport de  $m_x$  sur  $V_E$ . On a  
15 donc :

$$r_x (ppmv) = 10^6 C_x \frac{1}{M_x} \frac{RT}{P}$$

Donc :

20 
$$C_x = \frac{r_x M_x}{10^6} \frac{P}{RT} \quad (4)$$

A ce niveau de la relation, avec  $C_x$ , la concentration du polluant X dans l'air d'échappement en g/m<sup>3</sup> (masse contenue dans 1 m<sup>3</sup> de gaz d'échappement), il est donc possible d'en déduire la quantité de polluant en g/min, via la mesure du  
25 débit (en L/min).

Afin d'aboutir à des g/ km, il reste à déterminer le volume  $V_{1km}$ .

**[0018]** Calcul de  $V_{1km}$  :

30

L'équation 1 peut être appliquée pour le CO<sub>2</sub> :

$$T_{CO_2} = C_{CO_2} \cdot V_{1km}$$

Donc :

$$V_{1km} = \frac{T_{CO2}}{C_{CO2}} \quad (5)$$

Par ailleurs on peut aussi appliquer l'équation (4) pour le CO2, donc :

$$C_{CO2} = \frac{r_{CO2} M_{CO2}}{10^6} \frac{P}{RT} \quad (6)$$

Donc (en substituant 6 dans 5) :

$$V_{1km} = \frac{10^6 T_{CO2}}{r_{CO2} M_{CO2}} \frac{RT}{P} \quad (7)$$

**[0019]** Expression finale :

Finalement en substituant 4 et 7 dans 1, on obtient :

$$T_X = \frac{r_x M_X}{10^6} \frac{P}{RT} \cdot \frac{10^6 T_{CO2}}{r_{CO2} M_{CO2}} \frac{RT}{P}$$

$$T_X = \frac{r_x}{r_{CO2}} \frac{M_X}{M_{CO2}} T_{CO2} \quad (8)$$

Avec :

- $r_X$  : Rapport de mélange volumique du polluant X (NOx, HC, ...) dans l'air d'échappement en ppmv.
- $r_{CO2}$  : Rapport de mélange volumique du CO2 dans l'air d'échappement en ppmv.
- $M_X$  : masse molaire du polluant X en g/mole
- $M_{CO2}$  : masse molaire du CO2 en g/mole
- $T_{CO2}$  : Taux d'émission du CO2 en grammes par kilomètre
- $T_X$  : Taux d'émission du polluant X en grammes par kilomètre

**[0020]** Le passage des valeurs relatives à des valeurs réelles nécessite donc la mesure en temps réel de la température TCO2, la pression et le débit, ainsi que la mesure du taux d'émissions réel en CO2, dans les mêmes conditions de mesures des polluants à l'échappement par tout procédé adapté.

**[0021]** Selon un autre mode de réalisation avantageux, le procédé comporte par ailleurs une étape consistant à effectuer une nouvelle mesure de contrôle des gaz d'échappement après que l'action correctrice ait été effectuée sur le véhicule. Cette approche permet de mesurer ou quantifier le progrès lié à l'action correctrice effectuée sur le véhicule. Par exemple, on représente les trois empreintes (avant/après et valeurs de références) en valeurs relatives et en valeurs réelles sous forme de graphiques radar pour visualiser les gains.

**[0022]** Selon encore un mode de réalisation avantageux, la mesure de débit comporte les étapes consistant à :

- à l'aide d'une sonde de température (par exemple un thermocouple K), mesurer la température moyenne des gaz d'échappement;
- à l'aide d'un capteur de pression (par exemple un tube Pitot ou un capteur piezo-électrique), mesurer la pression moyenne des gaz d'échappement;
- déterminer le débit de gaz correspondant.

**[0023]** Selon un autre mode de réalisation avantageux, le procédé comporte par ailleurs une étape consistant à :

- effectuer une mise en commun des données AVANT et APRES l'action correctrice (théorique ou réalisée) pour un ensemble de véhicule pour lesquels les mesures d'analyse des gaz sont effectuées;
- effectuer une comparaison entre les émissions globales APRES correction et les émissions globales potentiellement émises si les actions correctrices n'avaient pas été effectuées.

**[0024]** De préférence, on effectue une comparaison aux données spécifiques du véhicule neuf (g/km) et on détermine l'écart. On peut aussi consolider l'exploitation des données réelles issues des mesures par le développement d'algorithmes adaptés.

**[0025]** A l'aide de logiciels adaptés, on effectue avantageusement une consolidation de l'exploitation des données réelles issues des mesures d'une part

- 8 -

avec consolidation des informations par exemple à l'échelle d'une flotte et d'autre part avec une consolidation à très grande échelle. La complexité des bases de données de très grand volume (cf. Big Data) suppose la mise en œuvre de moyens informatiques disposants d'importantes capacités de processeur et de  
5 mémorisation des données.

**[0026]** Selon un autre mode de réalisation avantageux, le procédé comporte par ailleurs une étape consistant à :

- comparer les données globales d'émission pour l'ensemble de véhicules à des  
10 données de référence globale;
- sur la base d'écart mesurés entre les données de référence globale et les données réelles compilées, déterminer une action correctrice globale à effectuer sur au moins une portion des véhicules afin de réduire les émissions polluantes à un niveau global.

15

### **DESCRIPTION DES FIGURES**

**[0027]** Tous les détails de réalisation sont donnés dans la description qui suit, complétée par les figures 1 à 7, présentées uniquement à des fins d'exemples non  
20 limitatifs, et dans lesquelles :

- la figure 1 présente les étapes clés du procédé de contrôle et de réduction des émissions polluantes de véhicules selon l'invention, en version mono-véhicule ;
- la figure 2 montre les étapes clés du procédé de contrôle et de réduction des émissions polluantes de véhicules pour un ensemble de véhicules ;
- 25 - la figure 3 illustre un exemple d'empreinte pour un véhicule soumis à un contrôle et une éventuelle action correctrice ;
- les figures 4 à 7 illustrent des exemples de répartitions des gaz ou empreintes pour différents cas de fonctionnement moteur.

### **DESCRIPTION DETAILLÉE DE L'INVENTION**

**[0028]** La figure 1 présente les étapes clés du procédé de contrôle et de réduction des émissions polluantes de véhicules selon l'invention, en version mono-véhicule. A l'étape

- 9 -

10, une mesure globale des gaz d'échappement est effectuée à l'aide d'une sonde adaptée au véhicule testé. Cette sonde permet d'effectuer une identification (étape 20) des gaz présents dans les gaz éjectés. A l'étape 30, une détermination de la répartition des gaz pour le véhicule est effectuée en valeurs relatives. L'étape 40 prévoit une  
5 comparaison de la répartition obtenue résultant des mesures à une répartition type correspondant au véhicule testé. On procède, à l'étape 50, à une identification des écarts entre la répartition réelle mesurée et la répartition type. Cette identification permet ensuite de procéder, à l'étape 60 à une identification d'une action correctrice à effectuer sur le véhicule.

10

**[0029]** La figure 2 montre les étapes clés du procédé de contrôle et de réduction des émissions polluantes de véhicules selon l'invention pour un ensemble de véhicules. A l'étape 110, des mesures sont réalisées sur un ensemble de véhicules. Ces mesures permettent ensuite de déterminer, à l'étape 120, les  
15 écarts moyens pour tous les véhicules de l'ensemble. A l'étape 130, une action correctrice identique pour l'ensemble de véhicules est identifiée. Les étapes suivantes, 140 à 160 sont optionnelles. On y prévoit, à l'étape 140 de corriger les véhicules de l'ensemble à l'aide de l'action correctrice identifiée. Afin de vérifier ou valider l'efficacité des correctifs effectués, l'étape 150 prévoit d'effectuer des  
20 mesures après correction, pour éventuellement déterminer, à l'étape 160 la réduction globale d'émission pour au moins un des gaz.

**[0030]** Les mesures peuvent être réalisées à partir d'appareil de diagnostic existants (à titre d'exemple : « Easydiag » développé par la société  
25 SPHERETECH). Cet appareil fournit un diagnostic de l'état du véhicule, et notamment la proportion de NOx, CO, CO<sub>2</sub>, HC et O<sub>2</sub> contenues dans le gaz d'échappement des véhicules. Ces proportions sont exprimées en % pour le CO, CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> et en ppm pour les NOx et HC.

30 **[0031]** Les mesures sont réalisées grâce à une canne de prélèvement qui est introduite dans le pot d'échappement. Les résultats sont ensuite envoyés directement vers un ordinateur qui enregistre les informations en temps réel.

**[0032]** Chaque mesure suit un protocole bien précis, d'une durée de quelques minutes. Ce protocole a été établi afin d'appliquer aux véhicules analysés tous les régimes moteurs auxquels ils peuvent être soumis lors de leur utilisation, par exemple :

- 5       - Ralenti
- Moteur coupé
- Démarrage
- 1200 tr/min
- 3200 tr/min
- 10       - montée pleine charge
- pleine charge
- retour au ralenti
- coupure moteur

15       **[0033]** Pour des véhicules sans défaut, on connaît la proportion optimale de chacun des gaz mesurés à ces différents régimes. Ces proportions sont les valeurs que devrait afficher le véhicule s'il ne présentait aucun dysfonctionnement. C'est ce que l'on a appelé « valeurs de référence ». Par comparaison avec les valeurs mesurées, on peut identifier les parties du moteur sur lesquels il faut

20       réaliser un entretien ou une action correctrice.

**[0034]** Chaque analyse est enregistrée de façon automatique dans un fichier de format donné, par exemple .xml. Ces fichiers comprennent toutes les caractéristiques techniques du véhicule analysé ainsi qu'éventuellement les

25       défauts identifiés et les proportions des gaz à l'instant t.

**[0035]** Afin de synthétiser au mieux les résultats, et éviter d'avoir à gérer un trop grand nombre de données, 3 régimes moteurs ont été choisis parmi les 9 cités précédemment. Ces 3 régimes ont été sélectionnés pour leur représentativité des

30       émissions.

**[0036]** Ces 3 régimes sont :

- **Ralenti** : représentatif d'une circulation en zone urbaine
- **3200 tr /min** : représentatif d'une circulation sur autoroute
- **moteur arrêté** : représentatif des émissions engendrées lors de l'arrêt du véhicule.

5

[0037] D'autres régimes peuvent bien entendu être choisis.

[0038] Un protocole de détermination des valeurs d'émissions des gaz pour chacun de ces régimes est établi.

10 Par exemple :

Phase 1 (pendant la phase ralenti-1200tr/min) avec  $CO_2 > 1.8\%$  = début de la phase ralenti - instant T1

Acquérir la valeur moyenne de  $CO_2$  pendant la période T1+5s / T1+25s

Acquérir la valeur moyenne de  $CO_2+O_2$  pendant la période T1+5s / T1+25s

15 Acquérir la valeur moyenne de CO pendant la période T1+5s / T1+25s

Acquérir la valeur moyenne de HC pendant la période T1+5s / T1+25s

Acquérir la valeur moyenne de  $NO_x$  pendant la période T1+5s / T1+25s

Phase 2 -  $CO_2$  varie de 0.2% (en + ou -) en 1 seconde = début de la phase 3200

20 tr -instant T2

Acquérir la valeur moyenne de  $CO_2$  pendant la période T2+5s / T2+25s

Acquérir la valeur moyenne de  $CO_2+O_2$  pendant la période T2+5s / T2+25s

Acquérir la valeur moyenne de CO pendant la période T2+5s / T2+25s

Acquérir la valeur moyenne de HC pendant la période T2+5s / T2+25s

25 Acquérir la valeur max de HC pendant la période T2+5s / T2+55s

Acquérir la valeur moyenne de  $NO_x$  pendant la période T2+5s / T2+25s

Phase 3- Moteur arrêté

Acquérir la valeur de  $O_2$  à l'instant T3 + 80s

30 Acquérir la valeur de  $CO_2$  à l'instant T3 + 80s

**[0039]**L'objectif étant de mesurer l'impact d'une action correctrice sur les émissions d'un véhicule, des mesures avant et après cette action sont effectuées sur les véhicules. Les résultats des mesures sont ensuite, triés, traités, analysés, puis exploités.

5

**[0040]**De manière avantageuse, l'analyse repose sur l'usage de différentes cellules :

Cellule électrochimique CO-H<sub>2</sub> - 0 à 8000 ppm

Cellule électrochimique O<sub>2</sub> - 0 à 21 %

10 Cellule électrochimique NO - 0 à 5000 ppm

Cellule électrochimique NO<sub>2</sub> - 0 à 1000 ppm

Cellule électrochimique SO<sub>2</sub> - 0 à 5000 ppm

Cellule semi-conductrice CH<sub>4</sub> - 0 à 10 000 ppm

Opacimètre (m-1).

15

**[0041]**Des cellules NH<sub>3</sub> sont aussi avantageusement utilisées. Des telles cellules utilisent des capteurs (miniatures) ampérométriques qui sont composé de trois électrodes :

- anode : électrode de travail ;

20 - cathode : électrode de comptage (en contact avec un électrolyte) ;

- électrode de référence.

Le gaz à analyser diffuse à travers une membrane perméable. Suivant sa nature, il est soit oxydé à l'anode, soit réduit à la cathode, générant un signal électrique entre les deux électrodes. Ce signal est proportionnel à la concentration du gaz.

25

**[0042]**Les données sont enregistrées dans un format donné (.xml par exemple) via un ordinateur et conservées dans une base de données.

**[0043]**L'empreinte est établie pour différents régimes moteurs représentatifs, de  
30 différents modes d'utilisation d'un véhicule. Dans les exemples illustrés, la répartition des gaz, ou « empreinte atmosphérique » est représentée par un graphique radar. Ce graphique radar est construit par des nombres

adimensionnés calculés par le rapport entre une mesure et un état initial ou valeur de référence. L'empreinte atmosphérique est obtenue en calculant la moyenne par gaz et par phase des valeurs relevées par l'appareil sur un intervalle de temps donné, intervalle dans lequel, le moteur et donc la proportion des gaz devraient être stabilisés.

**[0044]** Il existe plusieurs empreintes de référence et plusieurs empreintes type. Les valeurs de référence sont les valeurs moyennes des véhicules « sans défaut », mais en distinguant les normes « Euro ». En fonction de la représentation souhaitée, les valeurs de référence peuvent être :

- Les valeurs moyennes des véhicules « sans défaut » avec distinction des normes « Euro », pour montrer l'état du véhicule étudié par rapport à un véhicule de même norme en fonctionnement « normal »
- Les valeurs à l'homologation des véhicules neufs, pour montrer l'état du véhicule étudié par rapport à son état neuf,
- Les valeurs moyennes obtenues pour le véhicule étudié avant action, pour montrer l'état du véhicule étudié après actions,
- Le rapport entre les valeurs moyennes des véhicules « sans défaut » en phase ralenti et en phase accélérée,
- Les valeurs moyennes du véhicule étudié en phase accélérée.

**[0045]** Les empreintes de référence sont composées des gaz précédemment cités ; la valeur de chaque gaz doit correspondre à ce qui doit être observé dans de bonnes conditions d'admission, de combustion et d'échappement. Elles peuvent être en g/mn, en %/ppmv ou g/km.

**[0046]** Chaque empreinte type d'un véhicule roulant est spécifique à une grande ligne d'anomalie : Anomalie d'admission, anomalie de combustion, anomalie d'échappement et anomalie de traitement antipollution.

[0047] L'identification des anomalies permet à l'intervenant d'orienter son diagnostic afin de le préciser, d'intervenir sur le véhicule de façon adaptée, de réparer les dysfonctionnements et de réduire les émissions polluantes.

## 5 Mise en œuvre analytique

[0048] Afin d'illustrer simplement cet impact, on calcule l'abattement pour chacun des gaz :

Formule utilisée pour le calcul :

10

Abattement (%) =  $-(\text{valeur avant} - \text{valeur après}) / \text{valeur avant} \times 100$

Le signe « - » ou « + » de l'abattement indique alors la tendance.

15 [0049] Deux autres calculs sont réalisés :

[0050] Le premier permet de représenter l'écart entre les valeurs mesurées sur le véhicule avant entretien et les valeurs de références. Cette valeur permet au propriétaire de prendre conscience de l'état de son véhicule par rapport à un  
20 véhicule qui fonctionne « normalement ». La formule utilisée est la suivante :

Rapport (%) =  $-(\text{valeur référence} - \text{valeur avant}) / \text{valeur référence} \times 100$

[0051] Le deuxième calcul consiste à représenter l'écart entre les valeurs mesurées sur le véhicule après actions correctives et les valeurs de références.

25 De même ce calcul a été réalisé afin de montrer au propriétaire où se situe son véhicule par rapport à un véhicule normal. Sachant qu'il est bien évidemment difficile de ramener un véhicule à un fonctionnement « normal » du fait de la complexité et de tous les paramètres extérieurs entrant en jeu dans l'usure d'un véhicule. Néanmoins, cet écart permet de prouver au propriétaire que l'entretien  
30 de son véhicule le rapproche d'un fonctionnement « normal ».

[0052] Le calcul est le suivant :

Rapport (%) = - (valeur référence – valeur après) / valeur référence x 100

5 [0053] Il est bien souvent plus aisé de comprendre des résultats sous un format graphique que sous un format de tableau de valeur. Une représentation graphique de type « radar » est donc prévue, de façon à représenter l'état d'émission du véhicule dans sa globalité : c'est l'empreinte atmosphérique du véhicule.

10 [0054] Ainsi chaque véhicule détient une empreinte atmosphérique pour le régime ralenti et le régime 3200tr/min et un enregistrement de la phase arrêtée.

15 [0055] Les ordres de grandeurs des valeurs des polluants étant très différents, il n'est pas possible de les placer tels quels sur une seule et même échelle. On rapporte chacune des valeurs aux valeurs de références associées (calcul du rapport entre valeur de référence et valeur mesurée).

20 [0056] Calculs réalisés pour chaque gaz :

Valeur de référence pour radar = 1

Valeur avant entretien pour radar = valeur avant / valeur référence

Valeur après entretien pour radar = valeur après / valeur référence

25 [0057] La figure 3 indique un mode de représentation avantageux des caractéristiques du véhicule analysé, les écarts calculés (en %) ainsi que la représentation radar de l'empreinte atmosphérique du véhicule (valeurs adimensionnelles).

30

### **Transformation des données mesurées**

[0058] L'une des principales difficultés dans cette approche est de représenter de manière fiable et intelligible les émissions des polluants atmosphériques. En effet, dans le domaine de la qualité de l'air, les émissions sont généralement communiquées en masse. Prenons l'exemple des constructeurs automobiles qui communiquent au grand public les émissions de leurs véhicules neufs en g/km ou

encore les inventaires d'émissions nationaux publiés par le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) sont exprimés en masse (tonnes/an).

5 **[0059]** De plus, l'état des lieux d'un parc de véhicules passe par la prise en compte de l'évolution des émissions des polluants en fonction du vieillissement des véhicules. Les résultats que nous obtenons ne permettent pas aujourd'hui de visualiser cette dimension du problème, puisqu'ils ne peuvent être comparés à  
10 aucune données existantes.

**[0060]** Les principales difficultés résident dans la métrologie

- Dans le secteur automobile, au contrôle technique notamment et pour le diagnostic des moteurs ESSENCE, on réalise une mesure relative (en %) des gaz de combustion (CO/CO<sub>2</sub>/HC/O<sub>2</sub>). Les rapports entre ces émissions  
15 caractérisent le défaut éventuel du véhicule. A noter que les véhicules DIESEL (les plus émetteurs des polluants mis en cause par les autorités européennes) ne sont pas soumis à ces mesures.

- Dans le secteur de la qualité de l'air, pour les mesures des émissions dans l'air, on réalise une mesure en valeur réelle (par un banc d'essais type  
20 IFSTTAR, en g/km). Les moyens de mesure sont plus lourds à mettre en œuvre qu'en centre de contrôle technique.

**[0061]** Chaque méthode apporte des informations importantes mais il n'y a pas de méthode qui réponde aux deux problématiques simultanément.

25 **[0062]** Une solution à cet obstacle consiste à réaliser des mesures de Pression, température et débit simultanément aux mesures évoquées préalablement.

**[0063]** En effet, un enchaînement d'équations reliant le rapport de mélange  
30 (ppmv), la pression, la température et le débit, permet de passer des % ou ppmv à une valeur massique. Cet enchaînement d'équation est présenté ci-dessous.

**Equivalence des unités entre mg/m<sup>3</sup> et ppmv**

$$C_{\text{polluant}} (\text{mg/Nm}^3) = C_{\text{Polluant\_banc d'essais}} (\text{ppmv}) \times \frac{M}{V}$$

Avec :

- 5
- $C_{\text{polluant}}$  (mg/Nm<sup>3</sup>) la concentration mesurée, brute, du gaz polluant en mg/Nm<sup>3</sup>.
  - $C_{\text{mes\_banc d'essais}}$  (ppmv) la concentration mesurée, brute, du gaz polluant en ppmv (partie par million volumique), mesure banc d'essais
  - M la masse molaire du gaz polluant en g.mol<sup>-1</sup>. Dans notre cas :
- 10
- M = 28 g.mol<sup>-1</sup> pour le CO,
  - M = 44 g.mol<sup>-1</sup> pour le CO<sub>2</sub>,
  - M = 46 g.mol<sup>-1</sup> pour le NO<sub>2</sub>,
  - M = 30 g.mol<sup>-1</sup> pour le NO,
  - M = 12 g.mol<sup>-1</sup> pour les HC
- 15
- V le volume molaire dans les conditions normales (22.4 l.mol<sup>-1</sup> pour les gaz parfaits).

[0064] Le problème subsiste car nous ne sommes pas dans des conditions normalisées donc V dépend de P et de T. En effet, dans le cas de l'eco-entretien, les gaz étudiés sont issus de l'échappement des véhicules à des conditions de pression et de température différentes de  $P_0 = 1,013.105 \text{ Pa}$  et  $T_0 = 273\text{K}$ .

20

[0065] Pour obtenir V, considérons que les gaz du pot d'échappement se comportent comme des gaz parfaits, nous pouvons alors appliquer la loi des gaz parfaits :

25

$$PV = nRT$$

30 Avec :

P la pression en pascal (Pa)

V le volume en mètre cube (m<sup>3</sup>)

T la température en Kelvin (K)

n la quantité de matière en mole (mol)

R la constant des gaz parfaits (R = 8.32 SI)

5

**[0066]** Nous ne sommes pas dans les conditions normales de température et de pression, mais connaissant la valeur du volume molaire V<sub>0</sub> dans les conditions normales, il est possible de déterminer la valeur du volume molaire dans d'autres conditions de pression P et de température T.

10 Le produit n.R (n=1 mol) étant une constante, il suffit d'écrire :

$$\frac{P \times V_m}{T} = \frac{P_0 \times V_0}{T_0} \quad \text{ce qui donne :} \quad V_m = \frac{P_0 \times V_0 \times T}{P \times T_0}$$

Avec :

$$V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

15 T<sub>0</sub> = 273°K

$$P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

**[0067]** La concentration en grammes peut donc être déterminée en fonction de la température et de la pression des gaz mesurés. Ces mesures détermineront le volume molaire dans les conditions de pression et température à l'échappement.

20

L'équation devient :

$$C_{\text{polluant}} (\text{mg}/\text{Nm}^3) = C_{\text{polluant\_easydiag}} (\text{ppmv}) \times \frac{M \times T_0 \times P}{P_0 \times V_0 \times T}$$

25 Exemple :

Calculs réalisés pour le NO avec :

Une valeur lue de 212ppmv

Une T° de 200°C (ou 473°K) et une T<sub>0</sub> de 273°K

une P0 de 1,013 hPa

Un volume molaire de  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

$$C_{\text{polluant}} (\text{mg}/\text{Nm}^3) = C_{\text{polluant\_easydiag}} (\text{ppmv}) \times \frac{M \times T_0 \times P}{P_0 \times V_0 \times T} = 212 \times \frac{30 \times 273 \times P}{1,013 \times 473 \times 22,4}$$

5 Si P1 = 0,980 hPa, alors C(NO) = 158g/l

Si P2 = 1,100 hPa alors C(NO) = 178g/l

**[0068]** La mesure du débit (en l/minute) permet de déduire la quantité de polluant en g/minute.

10

**[0069]** Il s'agit donc, malgré un contexte physique difficile (particules et colmatages des capteurs) de mesurer la pression, la T° et le débit en complément des mesures chimiques réalisées.

## 15 **Méthodologies pour obtenir les mesures complémentaires**

**[0070]** Comme nous l'avons expliqué au paragraphe précédent, il faut mesurer la pression et la température. En général pour ces mesures, plusieurs méthodes sont possibles. Elles sont récapitulées et discutées ci-après.

20

**[0071]** La mesure du débit aura lieu dans le pot d'échappement et les mesures de pression et de volume auront lieu au plus près de la mesure de concentration. Les capteurs de pression et de volume doivent donc répondre à des conditions d'encombrement correspondant au besoin.

25

a) Mesure de la pression :

30

**[0072]** On utilise un capteur à déformation de solide en cas de besoin d'une indication ou d'un enregistrement direct de la pression différentielle et là où un fluide de remplissage sera nocif pour le procédé. Sous l'action de la pression, un solide se déforme et l'amplitude de la déformation est captée. On trouve notamment des manomètres à effet piézo-électrique qui présentent l'avantage

d'être de faible encombrement, d'avoir un temps de réponse rapide à un coût acceptable.

5 **[0073]** En général, le capteur offre une sortie analogique qu'il conviendra de raccorder à un ordinateur.

b) Mesure de la température

10 **[0074]** La mesure de la température par un thermocouple est la plus classique. C'est une mesure qui est facile à mettre en œuvre et bon marché.

c) Mesure du débit par mesure de pression dynamique

15 **[0075]** Pour mesurer le débit, le tube de Pitot apparaît comme la technique la plus facile à mettre en œuvre. L'utilisation d'un tube de PITOT consiste à mesurer la pression en des endroits différents à l'intérieur de l'échappement. L'un des tubes mesure la pression d'arrêt (ou pression dynamique) en un point de l'écoulement. Le second tube mesure uniquement la pression statique, généralement sur la paroi de la conduite. La pression différentielle mesurée de part et d'autre du tube  
20 de PITOT est transmise à un capteur permettant de transformer le signal électrique en un signal analogique exploitable. On peut ensuite enregistrer, visualiser en temps réel, et exploiter toutes les mesures provenant de l'installation et ainsi rendre un diagnostic complet, exhaustif et transparent au technicien et au consommateur.

25

**[0076]** Celui-ci offrant un signal électrique proportionnel au carré de la vitesse, le calculateur doit réaliser le calcul pour l'obtention d'un signal proportionnel au débit.

30 **[0077]** La figure 8 montre une variante d'une empreinte de référence dans laquelle la zone grisée représente un exemple d'une plage préférentielle dans laquelle les valeurs sont considérées comme acceptables. Au-delà de cette zone, les valeurs correspondantes sont considérées non admissibles.

**[0078]** Dans une autre variante, le procédé est complété par les étapes suivantes :

- 5     ▪ Evaluer la nécessité pour un véhicule d'être contrôlé ou non (par exemple : diagnostic gaz), sur la base de plusieurs critères, l'évolution de la courbe représentative de la variation de la consommation (L/100km) du véhicule étudiée en fonction du temps et d'un ratio de consommation correspondant au rapport entre la consommation en L/100km du véhicule étudié par rapport à la consommation en L/100km théorique du même véhicule neuf ou d'un ratio CO<sub>2</sub> correspondant au rapport des émissions en g/km de CO<sub>2</sub> du véhicule étudié et les émissions en g/km de CO<sub>2</sub> théorique du même véhicule neuf.
- 10    ▪ Faire le suivi des consommations (quantité en L de carburant), des kilométrages dans le temps avant et après actions correctrices afin d'évaluer les gains réels en consommations de carburant, en dépenses carburant et en émissions de polluants apportés par ces actions correctrices.
- 15    ▪ L'acquisition des données peut être effectuée via une interface d'échange de fichier et enregistrement/stockage des données dans un serveur/une base de données. Les données peuvent être issues par exemple du suivi réalisé grâce aux cartes de fournisseurs de carburants ou tout autre moyen de suivi.

20     **[0079]** Les Figures et leurs descriptions faites ci-dessus illustrent l'invention plutôt qu'elles ne la limitent. En particulier, l'invention et ses différentes variantes viennent d'être décrites en relation avec un exemple particulier comportant une empreinte en forme de vue radar ou toile d'araignée.

25     **[0080]** Néanmoins, il est évident pour un homme du métier que l'invention peut être étendue à d'autres modes de réalisation dans lesquels en variantes, on prévoit un ou plusieurs autres types d'empreintes, et/ou mode de calculs pour l'obtention des empreintes.

30     **[0081]** Les signes de références dans les revendications n'ont aucun caractère limitatif. Les verbes "comprendre" et "comporter" n'excluent pas la présence d'autres éléments que ceux listés dans les revendications. Le mot "un" précédant un élément n'exclue pas la présence d'une pluralité de tels éléments.

## **REVENDICATIONS**

1. Procédé de contrôle et de réduction des émissions polluantes de véhicules comportant les étapes consistant à :

- à l'aide d'une sonde d'analyse des gaz d'échappement d'un véhicule, détecter les gaz émis par le véhicule lors d'un test du moteur dans des conditions données de fonctionnement (10);
- déterminer la répartition effective des gaz émis par le véhicule sur lequel les mesures sont effectuées (30);
- comparer la répartition effective obtenue à une répartition type correspondant au véhicule sur lequel les gaz sont mesurés (40);
- sur la base d'écart mesurés entre les deux répartitions (50), déterminer une action correctrice à effectuer sur le véhicule afin de réduire les émissions polluantes de ce dernier (60).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la répartition effective comporte des données d'émission en valeur relatives mesurées sur au moins les gaz suivants: CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (calculé), HC et NH<sub>3</sub>, et de préférence les particules telles que PM<sub>10</sub> et/ou PM<sub>2,5</sub>.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel la répartition par gaz est établie sur un graphe multi-axes en forme de polygone dont le nombre d'axes correspond au nombre de gaz.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel le graphe multi-axes est en forme de pentagone.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le pentagone indique les gaz suivants, répartis angulairement autour du polygone dans l'ordre suivant, selon le sens horaire : CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, HC, NO<sub>x</sub>.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant par ailleurs une étape consistant à mesurer le débit des gaz d'échappement du véhicule.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant par ailleurs les étapes consistant à:

- déterminer, à partir des données relatives de chaque gaz et des données de débit de l'ensemble des gaz émis, le débit pour chacun des gaz;
- déterminer, pour une période de référence, la masse correspondante de gaz émise par le véhicule pour au moins un gaz et de préférence les gaz ou polluants suivants O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (calculé), HC, NH<sub>3</sub> et les particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant par ailleurs une étape consistant à effectuer une nouvelle mesure de contrôle des gaz d'échappement après que l'action correctrice ait été effectuée sur le véhicule.

9. Procédé selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel la mesure de débit comporte les étapes consistant à :

- à l'aide d'une sonde de température, mesurer la température moyenne des gaz d'échappement;
- à l'aide d'un capteur de pression, mesurer la pression moyenne des gaz d'échappement;
- déterminer le débit de gaz correspondant.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant par ailleurs les étapes consistant à:

- effectuer une mise en commun des données correspondant à un temps (T1) avant et à un temps (T2) après l'action correctrice pour un ensemble de véhicules pour lesquels les mesures d'analyse des gaz sont effectuées (110);
- effectuer une comparaison entre les émissions globales après correction et les émissions globales potentiellement émises si les actions correctrices n'avaient pas été effectuées.

11. Procédé selon la revendication 10, comportant par ailleurs les étapes consistant à:

- comparer les données globales d'émission pour l'ensemble de véhicules à des données de référence globale (120);
- sur la base d'écart mesurés entre les données de référence globale et les données réelles compilées, déterminer une action correctrice globale à effectuer sur au moins une portion des véhicules afin de réduire les émissions polluantes à un niveau global (130).

1/7

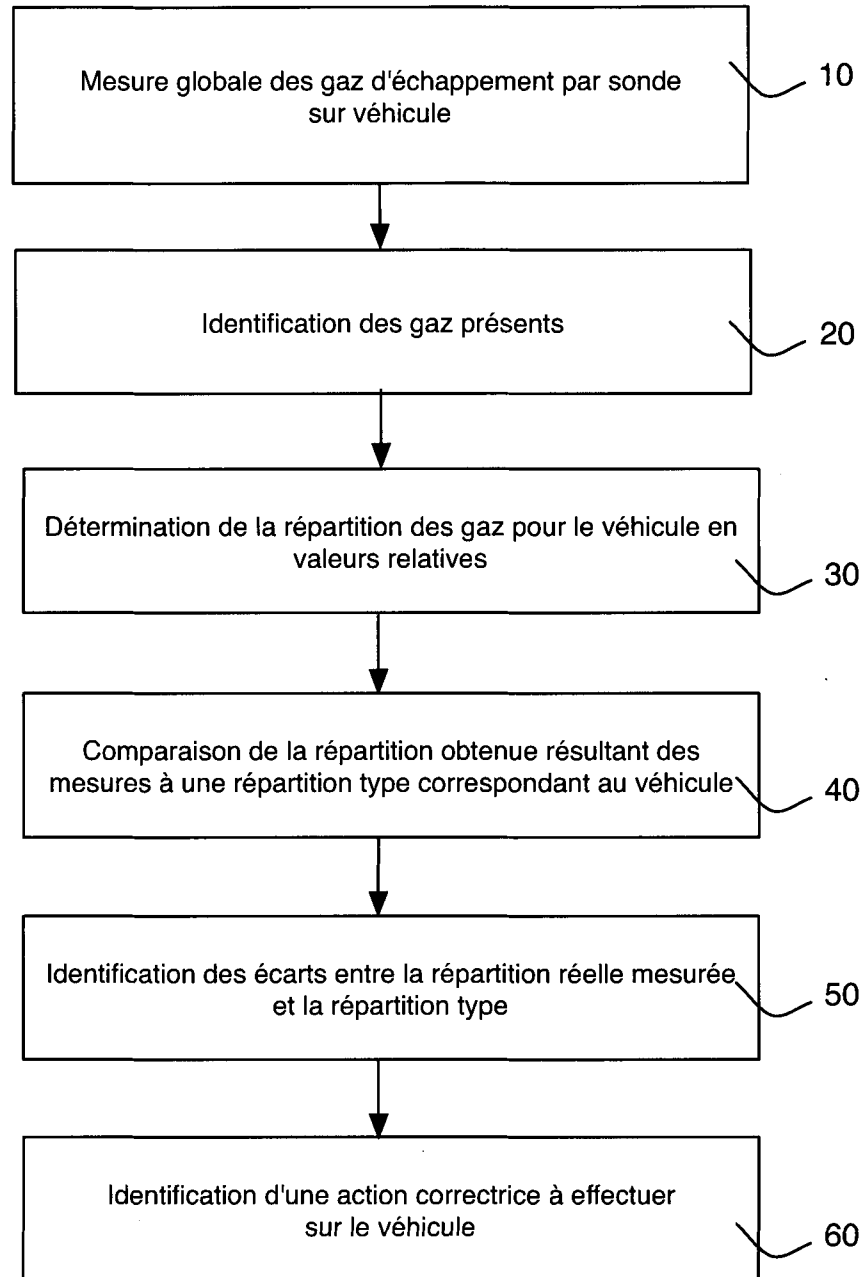


Figure 1

2/7

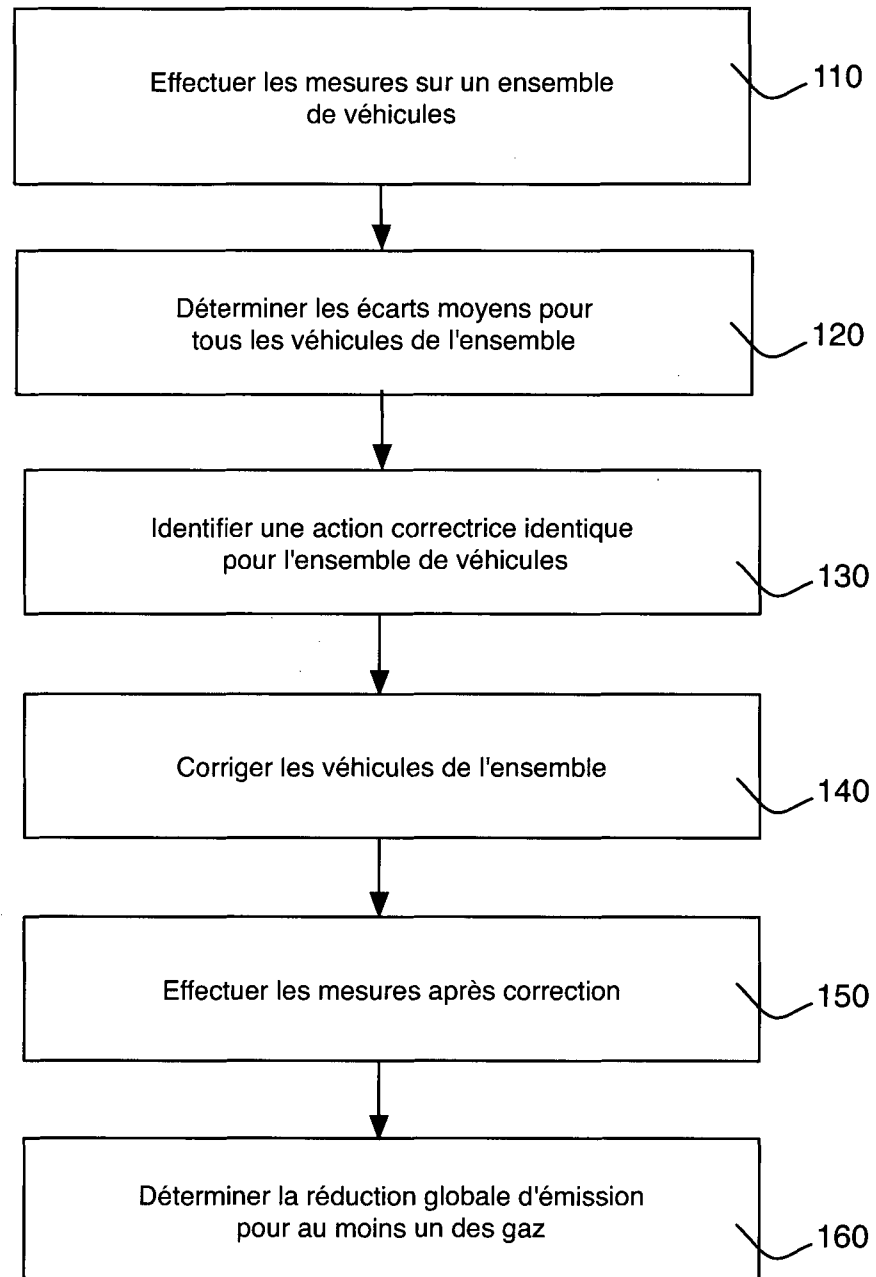


Figure 2

Résultats en phase ralenti

Caractéristiques du véhicule

Marque :  
 Modèle :  
 Type de carburant : Diesel  
 Age : Sans  
 Kilométrage : 116418 km

: Phase ralenti

Avant intervention :

Défaut : S100A - Ligne échappement colmatée  
 S145 - Fuite sur pailier de turbocompresseur

Entretien réalisé : APRES TRAITEMENT

Après intervention :

Défaut : S100A - Ligne échappement colmatée

Résultats :

Gaz	Valeurs de référence	Avant	Après	avant - après/avant	référence - avant/référence	référence - après/référence
CO2+O2	19,6 %	19,3 %	19,4 %	0 %	-1 %	-1 %
CO2	4 %	4 %	4 %	-1 %	0 %	0 %
CO	0,015 %	0,107 %	0,079 %	-26 %	61,1 %	429 %
HC	5,0 ppm	6,7 ppm	2,0 ppm	-70 %	34 %	-60 %
NOx	130 ppm	82 ppm	92 ppm	13 %	-37 %	-29 %

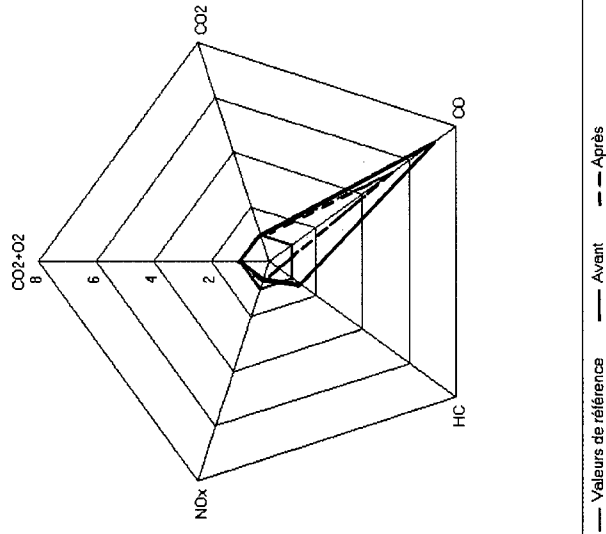
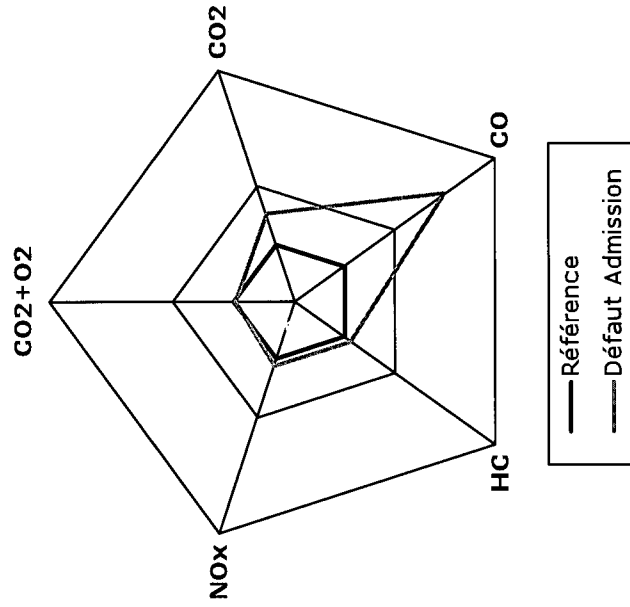
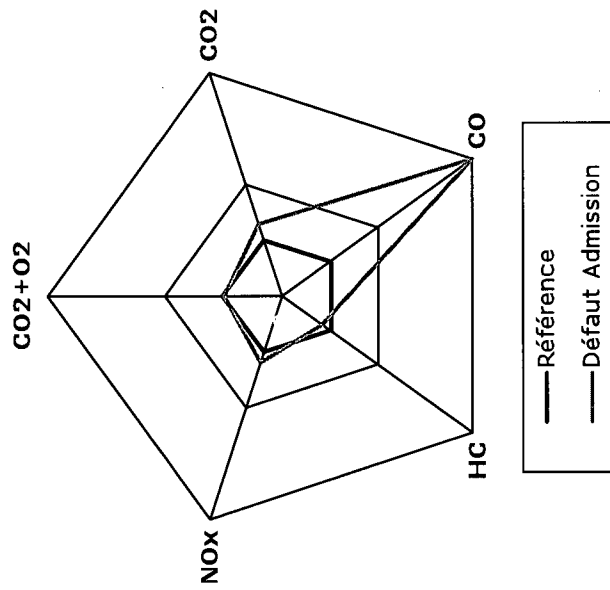


Figure 3 : exemple d'empreinte atmosphérique

Phase Accéléré : défaut admission



Phase Ralenti : défaut admission



CO2 dépasse valeur de ref.

Figure 4 : exemple d'anomalie d'admission

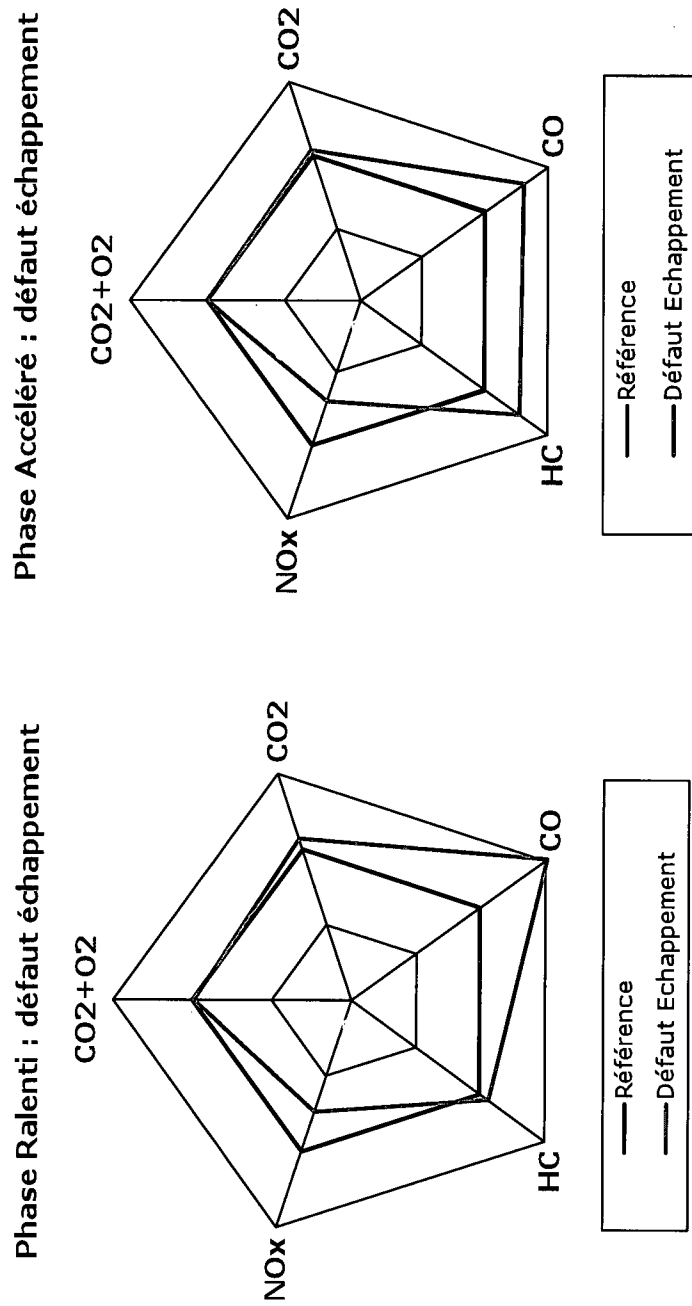
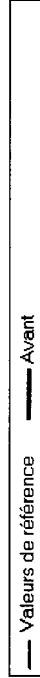
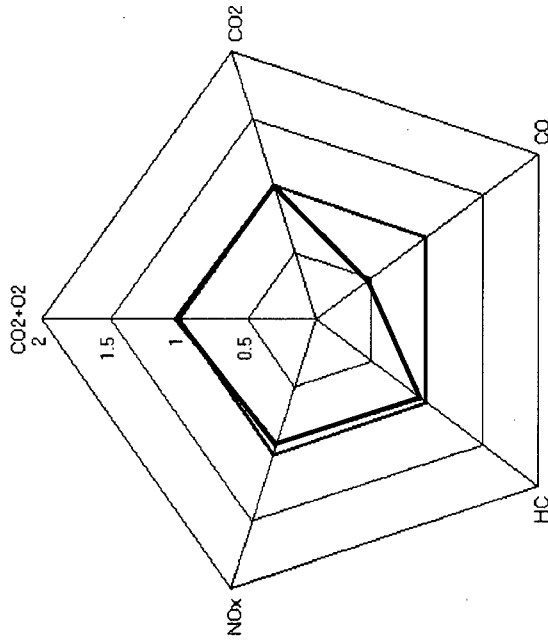
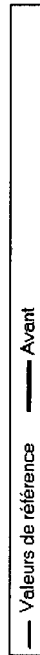
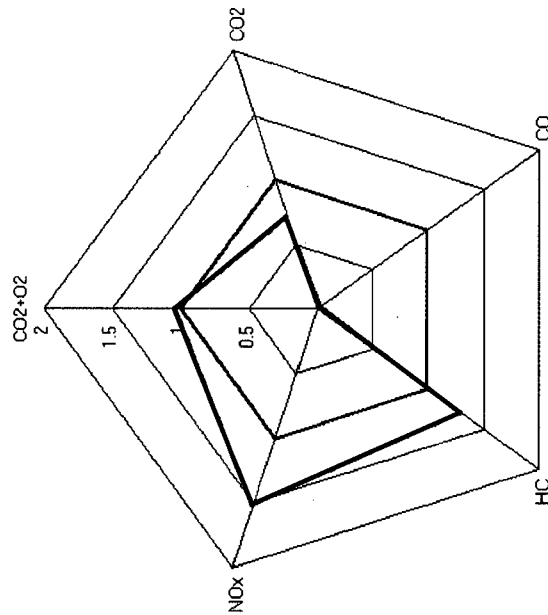


Figure 5 : exemple d'anomalie d'échappement

Résultats en phase accélération



Résultats en phase ralenti



Valeur de NOX dépasse.

Figure 6 : exemple d'anomalie de traitement anti-pollution

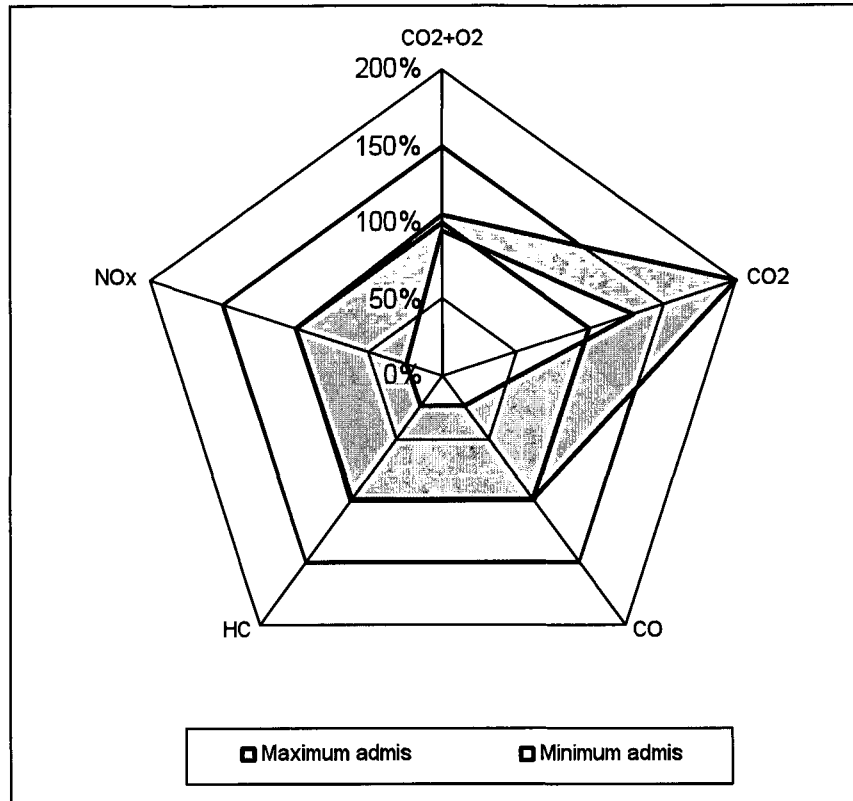


Figure 7 : Empreinte de référence