

⑫

**BREVET D'INVENTION**

**B1**

⑤④ Procédé de caractérisation d'un fluide.

②② Date de dépôt : 07.10.19.

③⑦ Priorité :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES*  
*Société par actions simplifiée* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 09.04.21 Bulletin 21/14.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 03.09.21 Bulletin 21/35.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑦② Inventeur(s) : SMAGGHE David, Pascal.

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES* Société  
par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : ARGYMA.



## Description

### Titre de l'invention : Procédé de caractérisation d'un fluide

#### Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine de la caractérisation d'un fluide.
- [0002] De manière connue, en référence à la figure 1, un aéronef comprend un ou plusieurs turbomoteurs comprenant une chambre de combustion 30 dans laquelle entrent de l'air A et du carburant C configurés pour réagir ensemble suivant une réaction de combustion, de manière à dégager l'énergie nécessaire à la poussée de l'aéronef. L'air A provient de l'extérieur du turbomoteur et est guidé vers la chambre de combustion 30 par une veine d'air tandis que le carburant C provient d'un circuit de carburant 20 débouchant dans la chambre de combustion 30.
- [0003] De manière connue, le circuit de carburant 20 comprend d'amont en aval un réservoir de stockage 21 du carburant C, une pompe basse pression 22 de mise en mouvement du carburant C, un filtre 23 de retenue des particules solides contenues dans le carburant C et une pompe haute pression 24 d'accélération du carburant C. Par la suite, les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport au sens de circulation du carburant C dans le circuit de carburant 20. Le circuit de carburant 20 comprend en outre, en aval de la pompe haute pression 24, une vanne de dosage 25 d'un débit massique  $Q_m$  de carburant C et un ou plusieurs injecteurs 26 pour pulvériser le débit massique  $Q_m$  dans la chambre de combustion 30. Le carburant refoulé  $C_r$  par la vanne de dosage 25 est quant à lui réinjecté dans le circuit de carburant 20 en amont.
- [0004] Dans les faits, le débit massique  $Q_m$  injecté dans la chambre de combustion 30 doit être tel que la quantité de matière de carburant C et la quantité de matière d'air A dans la chambre de combustion 30 soient dans des proportions dites « stœchiométriques » pour optimiser la réaction de combustion, et ce afin de générer une poussée maximale de l'aéronef tout en limitant au maximum les rejets de gaz brûlés issus de la combustion. Pour permettre un dosage précis, la vanne de dosage 25 est reliée à un organe de calcul 11, lui-même relié à un dispositif de mesure 10 du débit massique  $Q_m$ , monté entre la vanne de dosage 25 et l'injecteur 26. L'organe de calcul 11 permet, à partir du débit massique  $Q_m$  mesuré par le dispositif de mesure 10, de déterminer le degré d'ouverture de la vanne de dosage 25 pour obtenir le débit massique souhaité.
- [0005] De manière connue, le dispositif de mesure 10 est configuré pour mesurer le débit volumique du carburant C et l'organe de calcul 11 est configuré pour déterminer le débit massique  $Q_m$  à partir du débit volumique  $Q$  mesuré et de la densité du carburant C, liée à la nature du carburant C. Dans les faits, le réservoir 21 du circuit de carburant 20 peut être alimenté en différents carburants C lors du ravitaillement, si bien que la composition précise du carburant C dans le turbomoteur et donc sa nature n'est pas

connue. Aussi, de manière connue et comme illustré sur les figures 1 et 2, le dispositif de mesure 10 est également configuré pour mesurer la température  $T_m$  et la permittivité  $\epsilon_m$  du carburant C, formant ensemble un couple de mesure K. L'organe de calcul 11 comporte quant à lui une base de données 12 configurée pour déterminer le fluide F1, F2, F3, F4 correspondant au couple de mesure K. La base de données 12 permet en outre de connaître la densité du fluide qui a été préalablement déterminé.

[0006] En pratique, l'émergence des biocarburants et l'ajout d'additifs dans les carburants, pour améliorer les propriétés physiques face à la corrosion ou au givrage à titre d'exemples, ont fortement augmenté le panel de carburants utilisés pour alimenter les aéronefs. Un tel élargissement de panel est susceptible d'introduire de l'incertitude dans la caractérisation du carburant C, en supprimant la bijection stricte entre un couple de mesure K et un fluide correspondant F1, F2, F3, F4. Autrement dit, comme illustré sur le graphe de la figure 2, un même couple de mesure K est susceptible de correspondre à plusieurs fluides F1, F2, F3, F4. Dans l'exemple des figures 1 et 2, le couple de mesure K mesuré par le dispositif de mesure 1 correspond ainsi à la fois à un second fluide F2 et à un troisième fluide F3, ce qui ne permet pas à l'organe de calcul 11 de caractériser formellement le carburant C.

[0007] L'invention vise ainsi à pouvoir caractériser de manière formelle le carburant.

### **Exposé de l'invention**

[0008] L'invention concerne un procédé de caractérisation d'un fluide circulant dans un circuit de fluide, ledit procédé comprenant :

- [0009] • au moins une première étape de mesure d'une première température et d'une première permittivité dudit fluide définies à un premier instant et à une première position du circuit, de manière à former ensemble un premier couple de mesure et
- au moins une première étape de comparaison dudit premier couple de mesure à une base de données associant des couples de mesure à une pluralité de fluides, de manière à déterminer une première sélection de fluides.

[0010] L'invention est remarquable en ce que le procédé comprend :

- [0011] • au moins une deuxième étape de mesure d'une deuxième température et d'une deuxième permittivité dudit fluide définies à un deuxième instant et à une deuxième position du circuit, différente de la première position du circuit, de manière à former ensemble un deuxième couple de mesure,
- au moins une deuxième étape de comparaison dudit deuxième couple de mesure à ladite base de données de manière à déterminer une deuxième sélection de fluides, et
- au moins une étape d'identification dudit fluide par intersection de la première

sélection de fluides et de la deuxième sélection de fluides.

- [0012] Grâce à l'invention, un fluide peut avantageusement être caractérisé de manière formelle. En effet, le fluide est caractérisé à partir de deux couples de mesure différents, ce qui dans le cas où l'un des couples de mesure correspond à plusieurs fluides, permet d'identifier le fluide au moyen du deuxième couple de mesure. Les deux étapes de mesure sont par ailleurs mises en œuvre en des positions différentes du circuit, exploitant avantageusement les différences de conditions physiques du fluide au sein du circuit.
- [0013] De manière préférée, le procédé comprend au moins une étape de détermination de la densité du fluide identifié. De manière avantageuse, ce procédé peut être utilisé, ayant par ailleurs connaissance du débit volumique de fluide dans la conduite de fluide, pour déterminer le débit massique du fluide dans le circuit de fluide.
- [0014] De préférence, le premier instant et le deuxième instant correspondent à un même instant de mesure. De manière avantageuse, ce procédé permet de caractériser le fluide de manière rapide, voire instantanée.
- [0015] Selon un aspect de l'invention, la première position du circuit et la deuxième position du circuit sont choisies de manière à ce que l'écart entre la première température et la deuxième température soit au moins supérieur à 10°C, de préférence, au moins supérieur à 20°C. Un tel écart de température permet d'obtenir deux couples de mesure correspondant à des conditions physiques différentes du fluide, ce qui augmente le niveau de fiabilité de la mesure.
- [0016] Selon un aspect de l'invention, ledit circuit de fluide comprenant au moins une pompe, le fluide circulant d'amont en aval dans le circuit de fluide, la première étape de mesure est mise en œuvre en amont de ladite pompe et la deuxième étape de mesure est mise en œuvre en aval de ladite pompe. De manière avantageuse, la pression et la température du fluide augmentent au passage de la pompe, ce qui permet d'utiliser avantageusement les différences de température au sein du circuit de fluide.
- [0017] De manière préférée, ledit circuit de fluide comprenant au moins une pompe basse pression et au moins une pompe haute pression, la première étape de mesure est mise en œuvre en amont de ladite pompe basse pression et de ladite pompe haute pression et la deuxième étape de mesure est mise en œuvre en aval de ladite pompe basse pression et de ladite pompe haute pression. De manière avantageuse, un tel positionnement des mesures permet d'avoir un écart de température significatif entre les deux positions de mesure, ce qui augmente le niveau de fiabilité de la mesure.
- [0018] Selon un aspect de l'invention, le procédé est mis en œuvre pour caractériser un carburant dans un circuit de carburant de moteur thermique, de préférence de turbomoteur d'aéronef. Un tel procédé permet ainsi de connaître précisément la composition du carburant alimentant le moteur thermique, en vue notamment d'optimiser

la combustion.

- [0019] Selon un autre aspect, le procédé est mis en œuvre pour caractériser une huile dans un circuit d'huile de moteur thermique. Selon un autre aspect, le procédé est mis en œuvre pour caractériser un fluide de refroidissement dans un circuit de refroidissement de moteur thermique.
- [0020] De manière préférée, ledit circuit de fluide comprenant au moins un dispositif de mesure configuré pour réaliser des mesures de températures, de permittivités et de débit volumique du fluide, la deuxième étape de mesure est mise en œuvre par ledit dispositif de mesure. Un tel dispositif de mesure peut être intégré dans un circuit en vue de déterminer le débit massique d'un fluide, par exemple de carburant injecté à la chambre de combustion en vue d'optimiser la combustion, comme présenté dans le préambule. Un tel dispositif de mesure pourrait réaliser la deuxième étape de mesure du procédé de l'invention suivant une double fonction pour réduire le coût et l'encombrement global.
- [0021] De manière préférée, ledit circuit de fluide comprenant au moins un organe de calcul configuré pour déterminer un débit massique du fluide à partir des mesures de températures, de permittivités et du débit volumique du dispositif de mesure, la première étape de comparaison, la deuxième étape de comparaison et l'étape d'identification sont mises en œuvre par ledit organe de calcul. Un tel organe de calcul pourrait réaliser les étapes de comparaison et d'identification du procédé de l'invention suivant une double fonction pour réduire le coût et l'encombrement global.
- [0022] L'invention précédemment décrite permet ainsi avantageusement de caractériser de manière formelle un fluide s'écoulant dans un circuit, en réalisant deux étapes de mesure. Les étapes de mesure sont de plus réalisées à deux positions de mesure différentes du circuit de fluide de manière à ce que les conditions physiques du fluide soient différentes. Ceci présente particulièrement un intérêt pour les moteurs thermiques, où l'on peut exploiter avantageusement l'augmentation de température au passage d'une pompe. Le dispositif de mesure et l'organe de calcul mettant en œuvre la deuxième étape de mesure, les étapes de comparaison et l'étape d'identification peuvent avantageusement être ceux utilisés pour la mesure du débit massique du carburant en vue d'optimiser la combustion, afin de réduire l'encombrement et le coût.

### **Brève description des dessins**

- [0023] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et se référant aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquels des références identiques sont données à des objets semblables et sur lesquels :
- [0024] [fig.1] est une représentation schématique fonctionnelle d'un circuit de carburant

d'un turbomoteur d'aéronef comprenant un dispositif de mesure et un organe de calcul pour la mise en œuvre d'un procédé de caractérisation du carburant selon l'art antérieur ;

[0025] [fig.2] est un graphe représentant l'évolution de la permittivité en fonction de la température pour différents fluides lors de la mise en œuvre du procédé selon l'art antérieur ;

[0026] [fig.3] est une représentation schématique fonctionnelle d'un circuit de carburant d'un turbomoteur d'aéronef comprenant un dispositif de mesure et un organe de calcul pour un exemple de mise en œuvre d'un procédé de caractérisation du carburant selon l'invention ;

[0027] [fig.4] est une représentation schématique fonctionnelle du circuit de carburant d'un turbomoteur d'aéronef comprenant un dispositif de mesure additionnel pour un exemple alternatif de mise en œuvre du procédé de caractérisation du carburant selon l'invention ;

[0028] [fig.5] est une représentation schématique des étapes du procédé de caractérisation du carburant selon l'invention et

[0029] [fig.6] est un graphe représentant l'évolution de la permittivité en fonction de la température pour différents fluides lors d'un exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

[0030] Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

### **Description des modes de réalisation**

[0031] En référence à la figure 3, comme déjà présenté dans le préambule, il est représenté une chambre de combustion 30 de turbomoteur d'aéronef dans laquelle entrent de l'air A et du carburant C configurés pour réagir ensemble suivant une réaction de combustion, de manière à dégager l'énergie nécessaire à la poussée de l'aéronef. L'air A provient de l'extérieur du turbomoteur et est guidé vers la chambre de combustion 30 par une veine d'air tandis que le carburant C provient d'un circuit de carburant 20 débouchant dans la chambre de combustion 30.

[0032] Toujours en référence à la figure 3, comme déjà présenté dans le préambule, le circuit de carburant 20 comprend d'amont en aval un réservoir de stockage 21 du carburant C, une pompe basse pression 22 de mise en mouvement du carburant C, un filtre 23 de retenue des particules solides contenues dans le carburant C et une pompe haute pression 24 d'accélération du carburant C. Par la suite, les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport au sens de circulation du carburant C dans le circuit de carburant 20. Le circuit de carburant 20 comprend en outre, en aval de la pompe haute

pression 24, une vanne de dosage 25 d'un débit massique  $Q_m$  de carburant C et un ou plusieurs injecteurs 26 pour pulvériser le débit massique  $Q_m$  dans la chambre de combustion 30. Le carburant refoulé Cr par la vanne de dosage 25 est quant à lui réinjecté dans le circuit de carburant 20 en amont.

[0033] Toujours en référence à la figure 3, comme déjà présenté dans le préambule, le circuit de carburant 20 comprend en outre un dispositif de mesure 10-2 de paramètres physiques du carburant C, à savoir le débit volumique, la température et la permittivité, ainsi qu'un organe de calcul 11. L'organe de calcul 11 comporte une base de données 12 configurée pour caractériser le carburant C à partir d'un couple de mesure de température et de permittivité. L'organe de calcul 11 est par ailleurs configuré pour déterminer le débit massique  $Q_m$  de carburant C dans le circuit de carburant 20 à partir du débit volumique mesuré et de la densité, liée à la nature du carburant C. Le dispositif de mesure 10-2 est monté entre la vanne de dosage 25 et l'injecteur 26 de manière à ce que l'organe de calcul 11 soit configuré pour déterminer le débit massique  $Q_m$  de carburant C injecté à la chambre de combustion 30, en vue d'optimiser la réaction de combustion, afin de générer une poussée maximale de l'aéronef tout en limitant au maximum les rejets de gaz brûlés issus de la combustion.

[0034] Selon l'invention, en référence aux figures 5 et 6, le dispositif de mesure 10-2 et l'organe de calcul 11 sont configurés pour mettre en œuvre un procédé de caractérisation du carburant C, ledit procédé comprenant :

[0035] • une première étape de mesure E1 d'une première température  $T_1(t_1, z_1)$  et d'une première permittivité  $\epsilon_1(t_1, z_1)$  du carburant C définies à un premier instant  $t_1$  et à une première position  $z_1$  du circuit de carburant 20, de manière à former ensemble un premier couple de mesure  $K_1(t_1, z)$ ,

• une première étape de comparaison E2 dudit premier couple de mesure  $K_1$  à une base de données 12 associant des couples de mesure à une pluralité de fluides F1, F2, F3, F4, de manière à déterminer une première sélection de fluides S1,

[0036] • une deuxième étape de mesure E3 d'une deuxième température  $T_2(t_2, z_2)$  et d'une deuxième permittivité  $\epsilon_2(t_2, z_2)$  dudit fluide définies à un deuxième instant  $t_2$  et à une deuxième position  $z_2$  du circuit de carburant 20, différente de la première position  $z_1$ , de manière à former ensemble un deuxième couple de mesure  $K_2(t_2, z)$ ,

• une deuxième étape de comparaison E4 dudit deuxième couple de mesure  $K_2$  à ladite base de données 12 de manière à déterminer une deuxième sélection de fluides S2, et

• une étape d'identification E5 dudit fluide par intersection de la première sélection de fluides S1 et de la deuxième sélection de fluides S2.

- [0037] Plus précisément, la première étape de mesure E1 est mise en œuvre au moyen d'un premier dispositif de mesure 10-1 monté sur le circuit de carburant en la première position z1 et la deuxième étape de mesure E3 est mise en œuvre au moyen d'un deuxième dispositif de mesure 10-2, différent du premier dispositif de mesure 10-1, monté en la deuxième position z2. Dans l'exemple de la figure 3, le deuxième dispositif de mesure 10-2 est avantageusement identique au dispositif de mesure du débit massique  $Q_m$  du carburant C, pour limiter l'encombrement. Les étapes de comparaison E2, E4 et l'étape d'identification E5 sont quant à elles mises en œuvre par l'organe de calcul 11 du débit massique  $Q_m$  du carburant C, également pour limiter l'encombrement.
- [0038] Un tel procédé permet avantageusement de caractériser de manière formelle le carburant C grâce à ses deux étapes de mesure d'un couple de mesure. En effet, dans le cas où l'un des couples de mesure puisse être associé à plusieurs fluides différents, l'autre couple de mesure permet d'identifier le fluide correspondant à la nature du carburant C parmi ces différents fluides. Par ailleurs, un tel procédé utilise avantageusement les différences de température du carburant C le long du circuit de carburant 20, ce qui permet d'obtenir deux couples de mesure K1, K2 correspondant à des conditions physiques du carburant C différentes.
- [0039] De préférence, le procédé comprend en outre une étape de détermination de la densité du fluide identifié. Cette étape est mise en œuvre après l'étape d'identification E5. De manière avantageuse, ce procédé peut ainsi être utilisé en complément d'un procédé de détermination du débit volumique de carburant C dans le circuit de carburant 20 pour déterminer le débit massique  $Q_m$  de carburant C dans le circuit de carburant 20 et donc celui injecté à la chambre de combustion 30. Ceci permet d'optimiser la réaction de combustion, afin de générer une poussée maximale de l'aéronef tout en limitant au maximum les rejets de gaz brûlés issus de la combustion. Le débit volumique peut à titre d'exemple être mesuré par le dispositif de mesure 10, comportant une turbine volumétrique par exemple.
- [0040] Pour réaliser les étapes de mesure E1, E3, le premier dispositif de mesure 10-1 et le deuxième dispositif de mesure 10-2 comportent un capteur de température, tel qu'un thermocouple ou une sonde à résistance de platine à titre d'exemple, ainsi qu'un capteur capacitif, tel qu'une sonde coaxiale ou un condensateur à plaques parallèles. Il va cependant de soi que le premier dispositif de mesure 10-1 et/ou le deuxième dispositif de mesure 10-2 pourraient comporter un organe quelconque de mesure de la température et/ou de la permittivité. Le deuxième dispositif de mesure 10-2 comporte de plus dans l'exemple de la figure 3 un organe de mesure du débit volumique, telle qu'une turbine volumétrique, pour la mesure du débit massique  $Q_m$  du carburant C. L'organe de calcul 11 se présente quant à lui sous la forme d'un calculateur reliée à la

base de données 12, la base de données 12 ayant préalablement été implémentée de différents couples de mesure associés à différents fluides pouvant correspondre au carburant C. Il va cependant de soi que la base de données 12 pourrait être intégrée à une mémoire de l'organe de calcul 11.

[0041] Par ailleurs, dans l'exemple de la figure 3, la deuxième étape de mesure E3 est mise en œuvre par un deuxième dispositif de mesure 10-2 dédié à la mesure du débit massique  $Q_m$  du carburant C, comme décrit précédemment. Il va cependant de soi que la deuxième étape de mesure E3 pourrait être mise en œuvre par un deuxième dispositif de mesure 10-2' distinct non dédié à la mesure du débit massique  $Q_m$  du carburant C, tel qu'illustré sur la figure 4. De manière analogue, les étapes de comparaison E2, E4 et l'étape d'identification E5 sont mises en œuvre par un organe de calcul 11 dédié à la mesure du débit massique  $Q_m$  du carburant C, comme décrit précédemment. Il va cependant de soi que les étapes de comparaison E2, E4 et l'étape d'identification E5 pourraient être mises en œuvre par un organe de calcul 11 distinct non dédié à la mesure du débit massique  $Q_m$  du carburant C, voire plusieurs organes de calcul 11 quelconques.

[0042] En outre, le procédé est mis en œuvre dans l'exemple des figures 3 et 4 pour caractériser un carburant C dans un circuit de carburant 20 de turbomoteur d'aéronef mais il va de soi que le procédé pourrait être mis en œuvre pour caractériser un fluide quelconque dans un circuit quelconque. Le procédé pourrait notamment être mis en œuvre pour caractériser un carburant C dans un circuit de carburant 20 de moteur thermique quelconque, tel que celui d'une automobile. Le procédé pourrait également être mis en œuvre pour caractériser une huile dans un circuit d'huile ou encore un fluide de refroidissement dans un circuit de refroidissement de moteur thermique quelconque.

[0043] On décrit par la suite plus précisément les différentes étapes du procédé, en commençant par la première étape de mesure E1 et la deuxième étape de mesure E3.

[0044] Comme décrit précédemment, en référence aux figures 5 et 6, la première étape de mesure E1 et la deuxième étape de mesure E3 permettent chacune de mesurer un couple de mesure K1, K2 formé par la température T1, T2 et la permittivité  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$  respectivement à une première position z1 et à un premier instant t1 et à une deuxième position z2 et un deuxième instant t2. La première position z1 et la deuxième position z2 sont différentes et choisies de manière à ce que les conditions physiques du carburant C soient différentes, de manière à augmenter le niveau de fiabilité du procédé. De préférence, la première étape de mesure E1 et la deuxième étape de mesure E3 sont réalisées simultanément, c'est-à-dire que le premier instant t1 et le deuxième instant t2 sont confondus et correspondent à un même instant de mesure. De manière avantageuse, de telles étapes de mesure permettent de mettre en œuvre le procédé de manière rapide, voire instantanée.

- [0045] Dans l'exemple de la figure 3, le premier dispositif de mesure 10-1 est positionné entre le réservoir 21 et la pompe basse pression 22 et le deuxième dispositif de mesure 10-2 est positionné entre la vanne de dosage 25 et l'injecteur 26 du circuit de carburant 20. Autrement dit, la première position z1 est située entre le réservoir 21 et la pompe basse pression 22 et la deuxième position z2 est située entre la vanne de dosage 25 et l'injecteur 26. En effet, il existe un écart de température entre la première position z1 et la deuxième position z2 du circuit de carburant 20 comprise entre 15°C et 50°C, due à la présence de la pompe basse pression 22 et de la pompe haute pression 24 entre les deux positions z1, z2, ainsi que de la recirculation du carburant refoulé Cr. Un tel écart de température permet d'obtenir deux couples de mesure K1, K2 à des conditions physiques différentes du carburant C, ce qui augmente la fiabilité de la mesure tout en exploitant judicieusement la configuration du circuit de carburant 20.
- [0046] Il va cependant de soi que la première position z1 et la deuxième position z2 du circuit de carburant 20 pourraient être quelconques, choisies de manière à ce que l'écart de température entre les deux positions z1, z2 soit supérieur à 10°C, de préférence supérieur à 20°C, pour que le procédé permette une caractérisation formelle. De préférence, la première position z1 est située en amont de la pompe basse pression 22 et la deuxième position z2 est située en aval de la pompe haute pression 24, tel que dans l'exemple des figures 3 et 4. De manière alternative, la première position z1 et la deuxième position z2 pourraient être situées respectivement en amont et en aval de la pompe basse pression 22. De manière alternative également, la première position z1 et la deuxième position z2 pourraient être situées respectivement en amont et en aval de la pompe haute pression 24.
- [0047] De manière avantageuse, de telles étapes de mesure E1, E3 peuvent être mises en œuvre à n'importe instant du vol, lorsqu'il y en a besoin. De préférence, le procédé est mis en œuvre une première fois lors du démarrage du turbomoteur d'aéronef puis une ou plusieurs fois durant le vol. Ceci permet avantageusement de connaître la nature du carburant C dès le début du vol puis de contrôler son évolution au cours du vol. En effet, dans le cas où le ravitaillement est opéré avant que le réservoir 21 soit vide, le carburant C dans le circuit de carburant 20 se présente sous la forme d'un mélange plus ou moins hétérogène de différents carburants. De manière alternative, le procédé peut être mis en œuvre une première fois lors du ralenti du turbomoteur d'aéronef, c'est-à-dire après le démarrage mais avant le décollage.
- [0048] Il a été présenté un procédé comprenant deux étapes de mesure E1, E3 en référence aux figures 5 et 6, mais il va de soi que le procédé pourrait comprendre plus de deux étapes de mesure E1, E3 pour caractériser de manière encore plus formelle le carburant C. Le nombre d'étapes de comparaison E2, E4 serait alors augmenté pour être égal au nombre d'étapes de mesure E1, E3. Un nombre d'étapes de mesure supérieur à trois

serait toutefois plus encombrant et plus coûteux à mettre en œuvre et n'augmenterait que peu la fiabilité du procédé. En effet, chaque étape de mesure E1, E3 nécessite d'utiliser un dispositif de mesure 10-1, 10-2 propre situé en une position z1, z2 propre du circuit de carburant 20. Les étapes de comparaison E2, E4 sont quant à elles de préférence mises en commun par un même organe de calcul 11 ce qui limite l'encombrement. Une troisième étape de mesure nécessiterait ainsi un troisième dispositif de mesure monté sur le circuit de carburant 20, entre la pompe basse pression 22 et la pompe haute pression 24 à titre d'exemple. Un faible nombre d'étapes de mesure E1, E3 suffit avantageusement pour caractériser formellement le carburant C.

[0049] On décrit par la suite plus précisément les étapes de comparaison E2, E4 et l'étape d'identification E5 du procédé.

[0050] Comme décrit précédemment, en référence aux figures 5 et 6, la première étape de comparaison E2 est mise en œuvre après la première étape de mesure E1 ayant permis de mesurer un premier couple de mesure K1. De même, la deuxième étape de comparaison E4 est mise en œuvre après la deuxième étape de mesure E2 ayant permis de mesurer un deuxième couple de mesure K2.

[0051] Comme décrit précédemment, en référence aux figures 5 et 6, au cours de la première étape de comparaison E2 et de la deuxième étape de comparaison E4, la base de données 12 détermine les fluides F1, F2, F3, F4 respectivement associés au premier couple de mesure K1 et au deuxième couple de mesure K2. Dans l'exemple de la figure 6, le premier couple de mesure K1 correspond à la fois à un deuxième fluide F2 et à un troisième fluide F3. La base de données 12 renvoie donc une première sélection de fluides S1 comprenant le deuxième fluide F2 et le troisième fluide F3. Le deuxième couple de mesure K2 ne correspond quant à lui qu'au troisième fluide F3. La base de données 12 renvoie donc une deuxième sélection de fluides S2 comprenant uniquement le troisième fluide F3. A la fin des étapes de comparaison E2, E4, les sélections de fluide S1, S2 sont déterminées.

[0052] Comme décrit précédemment, en référence à la figure 5, l'étape d'identification E5 est mise en œuvre après la première étape de comparaison E2 et la deuxième étape de comparaison E4. Lors de l'étape d'identification E5, l'organe de calcul 11 détermine une troisième sélection de fluides S3 à partir de l'intersection de la première sélection de fluides S1 et de la deuxième sélection de fluides S2, c'est-à-dire aux fluides faisant partie à la fois de la première sélection de fluides S1 et de la deuxième sélection de fluides S2. Dans l'exemple de la figure 5, la troisième sélection de fluides S3 est ainsi formée par le troisième fluide F3, qui permet de caractériser le carburant C.

[0053] De préférence, lors de l'étape d'identification E5, si la troisième sélection de fluides S3 est vide, c'est-à-dire qu'aucun fluide n'appartient aux deux sélections de fluides S1, S2, l'organe de calcul 11 renvoie un message d'erreur pour répéter le procédé. De

préférence également, si la troisième sélection de fluides S3 comprend plus d'un fluide, c'est-à-dire que plusieurs fluides correspondent à la fois au premier couple de mesure K1 et au deuxième couple de mesure K2, l'organe de calcul 11 renvoie un message d'erreur pour répéter le procédé.

- [0054] En résumé, le procédé selon l'invention, permet à partir de deux couples de mesures de la température et de la permittivité du carburant C de déterminer pour chacun des couples les fluides correspondants de manière à déterminer de manière formelle le fluide correspondant au carburant C. Le procédé permet avantageusement de caractériser le carburant C, même s'il s'agit d'un biocarburant ou d'un carburant enrichi en un additif ou encore un mélange de différents carburants. Le procédé peut par ailleurs être mis en œuvre à n'importe quel instant du vol de l'aéronef en exploitant les variations naturelles de température le long du circuit de carburant.

## Revendications

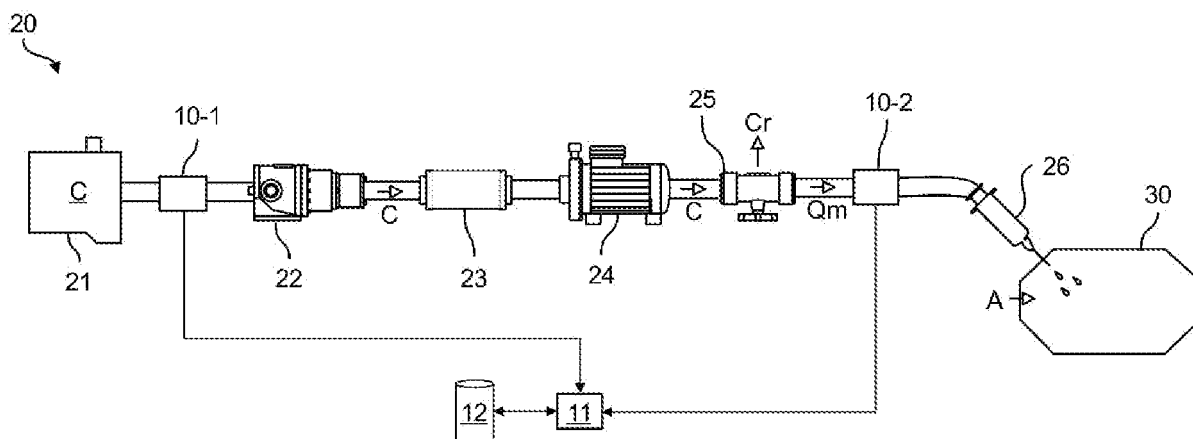
- [Revendication 1] Procédé de caractérisation d'un fluide circulant dans un circuit de fluide, ledit procédé comprenant :
- au moins une première étape de mesure (E1) d'une première température ( $T1(t1, z1)$ ) et d'une première permittivité ( $\epsilon1(t1, z1)$ ) dudit fluide définies à un premier instant ( $t1$ ) et à une première position du circuit ( $z1$ ), de manière à former ensemble un premier couple de mesure ( $K1(t1, z1)$ ),
  - au moins une première étape de comparaison (E2) dudit premier couple de mesure ( $K1$ ) à une base de données (12) associant des couples de mesure à une pluralité de fluides ( $F1, F2, F3, F4$ ), de manière à déterminer une première sélection de fluides ( $S1$ ),
  - ledit procédé étant **caractérisé par le fait qu'il** comprend :
  - au moins une deuxième étape de mesure (E3) d'une deuxième température ( $T2(t2, z2)$ ) et d'une deuxième permittivité ( $\epsilon2(t2, z2)$ ) dudit fluide définies à un deuxième instant ( $t2$ ) et à une deuxième position du circuit ( $z2$ ), différente de la première position du circuit ( $z1$ ), de manière à former ensemble un deuxième couple de mesure ( $K2(t2, z2)$ ),
  - au moins une deuxième étape de comparaison (E4) dudit deuxième couple de mesure ( $K2$ ) à ladite base de données (12) de manière à déterminer une deuxième sélection de fluides ( $S2$ ), et
  - au moins une étape d'identification (E5) dudit fluide par intersection de la première sélection de fluides ( $S1$ ) et de la deuxième sélection de fluides ( $S2$ ).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, comprenant au moins une étape de détermination de la densité du fluide identifié.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel le premier instant ( $t1$ ) et le deuxième instant ( $t2$ ) correspondent à un même instant de mesure.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la première position du circuit ( $z1$ ) et la deuxième position du circuit ( $z2$ ) sont choisies de manière à ce que l'écart entre la première température ( $T1$ )

et la deuxième température (T2) soit au moins supérieur à 10°C, de préférence, au moins supérieur à 20°C.

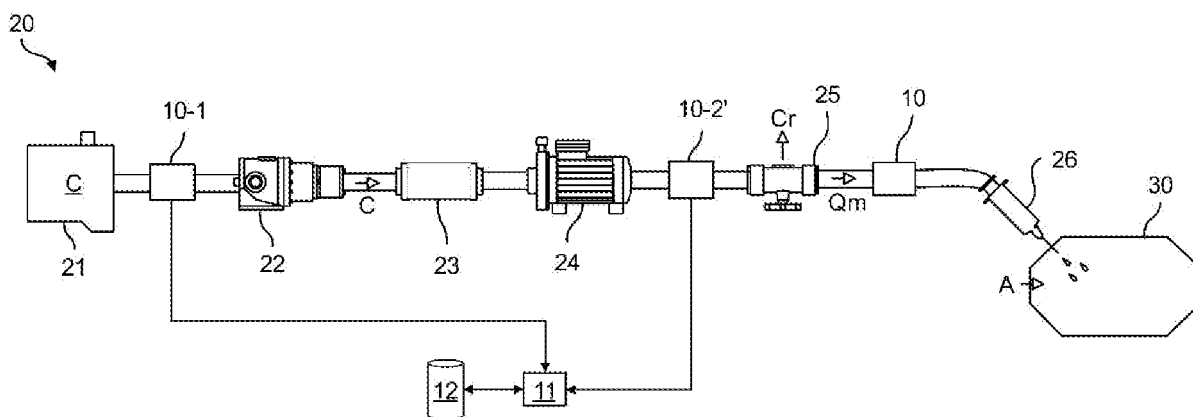
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel, ledit circuit de fluide comprenant au moins une pompe, le fluide circulant d'amont en aval dans le circuit de fluide, la première étape de mesure (E1) est mise en œuvre en amont de ladite pompe et la deuxième étape de mesure (E3) est mise en œuvre en aval de ladite pompe.
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, dans lequel, ledit circuit de fluide comprenant au moins une pompe basse pression (22) et au moins une pompe haute pression (24), la première étape de mesure (E1) est mise en œuvre en amont de ladite pompe basse pression (22) et de ladite pompe haute pression (24) et la deuxième étape de mesure (E3) est mise en œuvre en aval de ladite pompe basse pression (22) et de ladite pompe haute pression (24).
- [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, qui est mis en œuvre pour caractériser un carburant (C) dans un circuit de carburant (20) de moteur thermique, de préférence de turbomoteur d'aéronef.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel, ledit circuit de fluide comprenant au moins un dispositif de mesure (10-2) configuré pour réaliser des mesures de température (T1, T2), de permittivité ( $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ ) et de débit volumique du fluide, la deuxième étape de mesure (E3) est mise en œuvre par ledit dispositif de mesure (10-2).
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel, ledit circuit de fluide comprenant au moins un organe de calcul (11) configuré pour déterminer un débit massique (Qm) du fluide à partir des mesures de températures (T1, T2), de permittivités ( $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ ) et du débit volumique du dispositif de mesure (10-2), la première étape de comparaison (E2), la deuxième étape de comparaison (E4) et l'étape d'identification (E5) sont mises en œuvre par ledit organe de calcul (11).



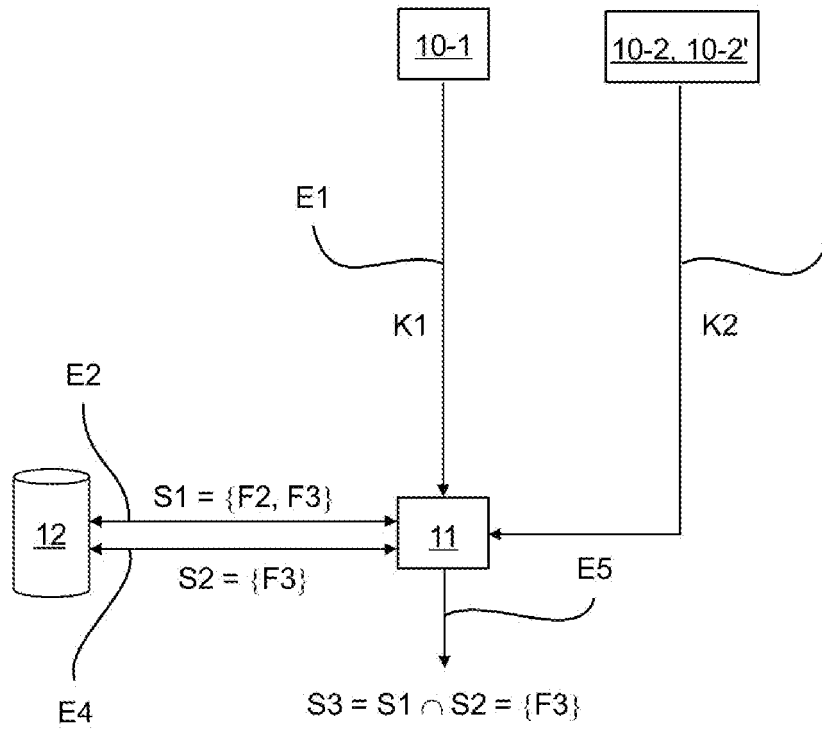
[Fig. 3]

**FIG. 3**

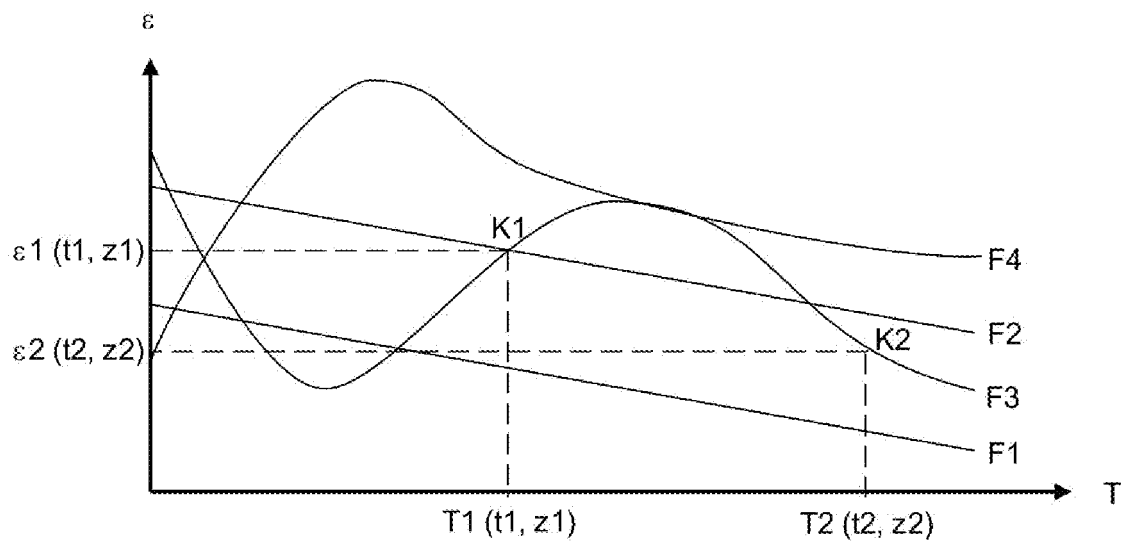
[Fig. 4]

**FIG. 4**

[Fig. 5]

**FIG. 5**

[Fig. 6]

**FIG. 6**

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

WO 2011/101962 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD  
[JP]; SASAI MIE [JP]; WAKAO KAZUHIRO [JP])  
25 août 2011 (2011-08-25)

FR 2 966 518 A1 (SNECMA [FR])  
27 avril 2012 (2012-04-27)

DE 10 2008 044383 A1 (BOSCH GMBH ROBERT  
[DE]) 10 juin 2010 (2010-06-10)

WO 2012/037974 A1 (DELAVAL HOLDING AB  
[SE]; BIRK UZI [SE] ET AL.)  
29 mars 2012 (2012-03-29)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT