Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2796739 C 2017/10/17

(11)(21) **2 796 739**

(12) **BREVET CANADIEN**
**CANADIAN PATENT**

(13) **C**

(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2011/04/14
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2011/10/27
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2017/10/17
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2012/10/17
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2011/050854
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2011/131892
(30) **Priorité/Priority:** 2010/04/19 (FR1052954)

(51) **Cl.Int./Int.Cl.** ***F01M 11/12*** (2006.01),
***F01D 21/00*** (2006.01), ***F01D 25/18*** (2006.01)

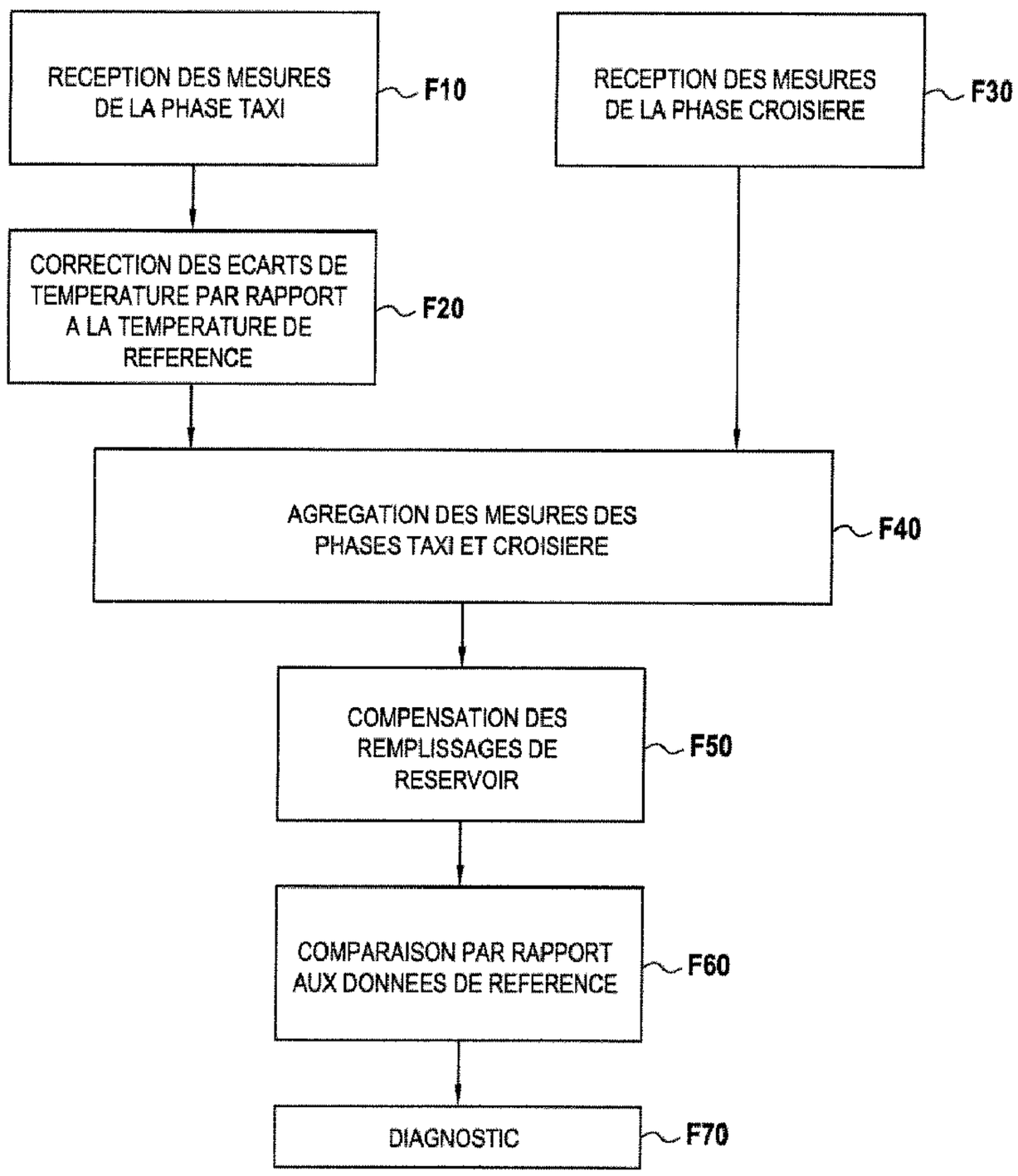
(72) **Inventeurs/Inventors:**
DEMAISON, FRANCOIS, FR;
FLANDROIS, XAVIER, FR;
MASSE, JEAN-REMI, FR;
MASSOT, GILLES, FR;
RICORDEAU, JULIEN, FR;
HMAD, OUADIR, FR

(73) **Propriétaire/Owner:**
SNECMA, FR

(74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) **Titre : PROCEDE ET SYSTEME DE SURVEILLANCE DU NIVEAU D'HUILE CONTENUE DANS UN RESERVOIR D'UN MOTEUR D'AERONEF**

(54) **Title: METHOD AND SYSTEM FOR MONITORING THE LEVEL OF OIL CONTAINED IN A TANK OF AN AIRCRAFT ENGINE**




(57) **Abrégé/Abstract:**
Le procédé selon l'invention comprend : - pour au moins deux phases de fonctionnement prédéterminées du moteur, au cours d'au moins une mission de l'aéronef; o l'obtention de mesures d'un niveau d'huile du réservoir, chaque mesure étant associée à

CA 2796739 C 2017/10/17

(11)(21) **2 796 739**

(13) **C**

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**
une température d'huile et à un régime de rotation du moteur; o la sélection de mesures représentatives de variations du niveau d'huile, et associées à des températures d'huile voisines d'une température de référence et à des régimes de rotation du moteur voisins d'un régime de rotation de référence; - l'agrégation (F40) des mesures sélectionnées sur les phases de fonctionnement et au cours de ladite au moins une mission de l'aéronef; et - la comparaison (F60) des mesures agrégées avec des données de référence pour identifier (F70) une consommation d'huile anormale du moteur.

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
27 octobre 2011 (27.10.2011)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/131892 A1

(51) Classification internationale des brevets :
*F01M 11/12* (2006.01) *F01D 25/18* (2006.01)
*F01D 21/00* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/050854

(22) Date de dépôt international :
14 avril 2011 (14.04.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1052954 19 avril 2010 (19.04.2010) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **SNECMA** [FR/FR]; 2 Boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **DEMAISON, François** [FR/FR]; 155 allée des Mousserons, F-77176 Nandy (FR). **FLANDROIS, Xavier** [FR/FR]; 6 rue d'Aulnoy, F-77240 Cesson (FR). **MASSE, Jean-Rémi** [FR/FR]; 28 rue des Tennerolles, F-92210 Saint Cloud (FR). **MASSOT, Gilles** [FR/FR]; 33 bis rue des Ecoles, F-77950 Voisenon (FR). **RICORDEAU, Julien** [FR/FR]; 86 avenue Ledru Rollin, F-75012 Paris (FR). **HMAD, Ouadir** [FR/FR]; 5 résidence Boulains, F-77130 Montereau Fault Yonne (FR).

(74) Mandataires : **BOURA, Olivier** et al.; Cabinet Beau de Loménie, 158 Rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (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, 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, KM, 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,

*[Suite sur la page suivante]*

(54) Title : METHOD AND SYSTEM FOR MONITORING THE LEVEL OF OIL CONTAINED IN A TANK OF AN AIRCRAFT ENGINE

(54) Titre : PROCEDE ET SYSTEME DE SURVEILLANCE DU NIVEAU D'HUILE CONTENUE DANS UN RESERVOIR D'UN MOTEUR D'AERONEF

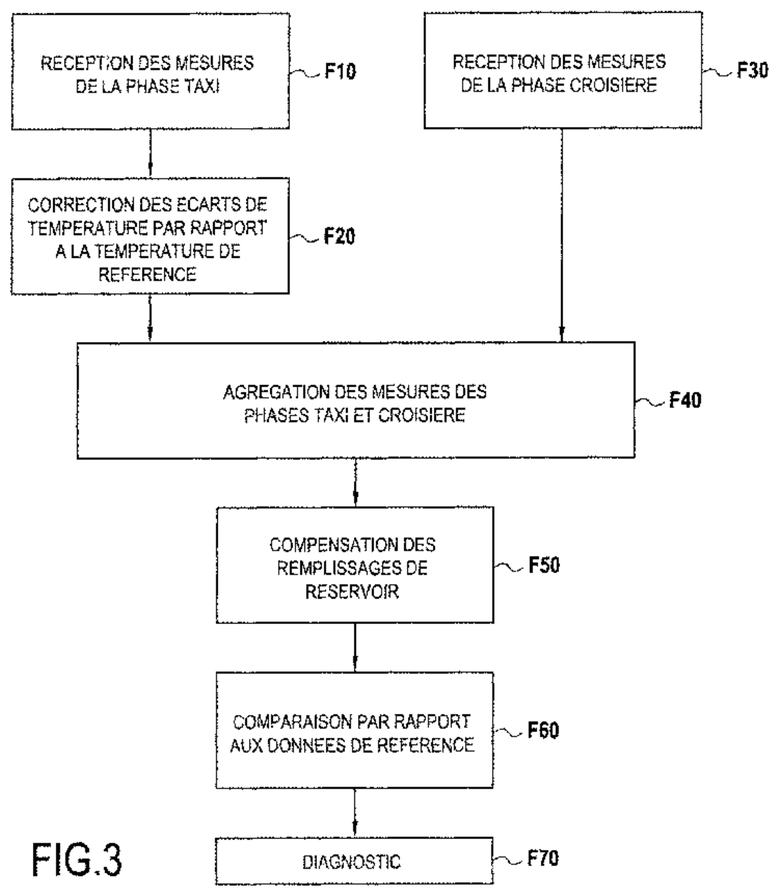



FIG.3

F10 Reception of measurement from the taxi phase
F20 Correction of temperature deviations from the reference temperature
F30 Reception of measurements from the cruise phase
F40 Aggregation of measurements from the taxi and cruise phases
F50 Compensation for filling the tank
F60 Comparison with reference data
F70 Diagnosis

(57) Abstract : The invention relates to a method which includes, for at least two predetermined operating phases of the engine during at least one mission of the aircraft: obtaining measurements of an oil level of the tank, each measurement being associated with an oil temperature and an operating speed of the engine; selecting measurements that represent variations in the oil level, associated with oil temperatures near a reference temperature and with engine operating speeds that are near a reference operating speed; aggregating (F40) the measurements selected during the operating phases and during said at least one mission of the aircraft; and comparing (F60) the aggregated measurements with reference data in order to identify (F70) abnormal oil consumption of the engine.

(57) Abrégé : Le procédé selon l'invention comprend : - pour au moins deux phases de fonctionnement prédéterminées du moteur, au cours d'au moins une mission de l'aéronef; o l'obtention de mesures d'un niveau d'huile du réservoir, chaque mesure étant associée à une température d'huile et à un régime de rotation du moteur; o la sélection de mesures représentatives de variations du niveau d'huile, et associées à des températures d'huile voisines d'une température de référence et à des régimes de rotation du moteur voisins d'un régime de rotation de référence; - l'agrégation (F40) des mesures sélectionnées sur les phases de fonctionnement et au cours de ladite au moins une mission de l'aéronef; et - la comparaison (F60) des mesures agrégées avec des données de référence pour identifier (F70) une consommation d'huile anormale du moteur.

WO 2011/131892 A1

WO 2011/131892 A1

NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée** :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

# Procédé et système de surveillance du niveau d'huile contenue dans un réservoir d'un moteur d'aéronef.

## Arrière-plan de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine général de l'aéronautique.

Elle concerne plus particulièrement la surveillance de la consommation d'huile d'un moteur d'aéronef en fonctionnement, tel que par exemple une turbomachine.

Pour estimer la consommation d'huile d'un moteur d'aéronef, il est connu de comptabiliser le nombre de cannettes d'huile versées dans le réservoir du moteur lors d'entretiens programmés du moteur (ex. entre chaque mission). La quantité d'huile correspondant au nombre de cannettes versées lors de chaque remplissage est consignée sur une fiche, et une moyenne glissante calculée sur plusieurs remplissages donne une estimation de la consommation d'huile moyenne du moteur. Cette estimation est alors comparée à un seuil de référence prédéterminé en vue de détecter une consommation anormale d'huile par le moteur.

Cette technique est mise en œuvre manuellement par la plupart des compagnies. En outre, elle ne prend pas en compte l'écart des niveaux d'huile dans le réservoir entre le début et la fin de la période sur laquelle la moyenne est calculée, ce qui peut induire des imprécisions dans l'estimation de la consommation d'huile.

Une seconde technique utilisée dans certains calculateurs de maintenance par les compagnies aériennes consiste à mesurer le niveau d'huile contenu dans le réservoir avant chaque décollage et après chaque atterrissage de l'aéronef. Les niveaux d'huile ainsi mesurés sont alors comparés entre eux afin d'estimer la consommation d'huile sur la mission de l'aéronef.

On comprend alors bien que pour obtenir une estimation fiable de la consommation d'huile du moteur, cette technique nécessite l'utilisation de capteurs du niveau d'huile relativement précis. De plus, cette technique ne prend pas en compte la quantité d'huile en circulation hors du réservoir, qui peut varier selon différents paramètres (viscosité de l'huile, vitesse du moteur, etc.).

Objet et résumé de l'invention

La présente invention propose une alternative aux techniques précitées permettant d'obtenir une estimation fiable de la consommation d'huile d'un moteur.

Plus précisément, elle vise un procédé de surveillance du niveau d'huile contenue dans un réservoir d'un moteur d'aéronef, comprenant :

- pour au moins deux phases de fonctionnement prédéterminées du moteur, au cours d'au moins une mission de l'aéronef :
  - l'obtention d'une pluralité de mesures d'un niveau d'huile du réservoir, chaque mesure étant associée à une température d'huile et à un régime de rotation du moteur ;
  - la sélection de mesures représentatives de variations du niveau d'huile, et associées à des températures d'huile voisines d'une température de référence et à des régimes de rotation du moteur voisins d'un régime de rotation de référence ;
- l'agrégation des mesures sélectionnées sur les phases de fonctionnement et au cours de ladite au moins une mission de l'aéronef ; et
- la comparaison des mesures agrégées avec des données de référence en vue d'identifier une consommation d'huile anormale du moteur.

Corrélativement, l'invention vise également un système de surveillance du niveau d'huile contenu dans un réservoir d'un moteur d'aéronef, comprenant :

- des moyens, activés pour au moins deux phases de fonctionnement prédéterminées du moteur, au cours d'au moins une mission de l'aéronef :
  - pour obtenir une pluralité de mesures d'un niveau d'huile du réservoir, chaque mesure étant associée à une température d'huile et à un régime de rotation du moteur ; et
  - pour sélectionner des mesures représentatives de variations du niveau d'huile, et associées à des températures d'huile voisines d'une température de référence et à des régimes de rotation du moteur voisins d'un régime de rotation de référence ;
- des moyens pour agréger les mesures sélectionnées sur les phases de fonctionnement et au cours de ladite au moins une mission de l'aéronef ; et

– des moyens pour comparer les mesures agrégées avec des données de référence en vue d'identifier une consommation d'huile anormale du moteur.

Ainsi, l'invention prend en compte le niveau d'huile dans le réservoir pour l'estimation de la consommation d'huile du moteur, et se place avantageusement à iso-conditions de régime du moteur et de température d'huile (i.e. dans des conditions similaires) afin de rendre comparables entre eux les niveaux d'huile mesurés.

En se plaçant à iso-conditions de régime de rotation et de température, on s'assure que les paramètres autres que le niveau d'huile dans le réservoir ayant une influence sur la consommation réelle d'huile par le moteur (tels que par exemple, la quantité d'huile se trouvant en dehors du réservoir d'huile ou gulping, ou la dilatation/contraction de l'huile), ont un impact similaire sur la consommation d'huile. De ce fait, on peut raisonnablement s'affranchir d'estimer ces paramètres pour évaluer de façon fiable la consommation d'huile du moteur : un raisonnement « par delta » entre les niveaux d'huile (i.e. en comparant directement les niveaux d'huile entre eux) suffit pour estimer la consommation d'huile du moteur.

Ainsi, il n'est pas nécessaire de recourir à des modèles complexes tels que par exemple un modèle de gulping ou de rétention d'huile dans les enceintes pour ajuster les niveaux d'huile, avant de les comparer à des données de référence. Les mesures agrégées conformément à l'invention sont cohérentes et comparables entre elles, et permettent d'évaluer facilement la consommation d'huile du moteur.

En outre, l'invention se base sur des mesures récoltées au cours d'au moins deux phases de fonctionnement de la mission de l'aéronef. Préférentiellement, ces deux phases de fonctionnement correspondront à une phase de taxi (la phase de taxi inclut au sens de l'invention la phase de taxi avant décollage et la phase de taxi après atterrissage) et à une phase de croisière de la mission de l'aéronef.

De cette sorte, on ne limite pas l'estimation de la consommation d'huile du moteur à seulement deux mesures prises avant le décollage et après l'atterrissage de l'aéronef, mais on utilise également des mesures du niveau d'huile relevées lors d'autres phases de fonctionnement de l'aéronef, et éventuellement sur plusieurs missions de l'aéronef.

Ceci contribue à améliorer la précision de l'estimation de la consommation d'huile du moteur, et permet de détecter non seulement des consommations anormales ponctuelles mais également des consommations anormales se manifestant à plus long terme. L'invention permet ainsi d'appliquer une technique de type « trend monitoring » (surveillance de tendance en français) à la surveillance de la consommation d'huile d'un moteur.

Par ailleurs, grâce à l'invention, la surveillance du niveau d'huile est automatisée et ne requiert pas ou peu d'intervention humaine. On limite ainsi les imprécisions.

On notera que l'invention est particulièrement avantageuse lorsque des capteurs à résolution discrète sont utilisés pour mesurer le niveau d'huile dans le réservoir.

Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, au cours de la sélection des mesures, on exclut les mesures représentatives de variations du niveau d'huile apparues sur une durée inférieure à une durée limite prédéterminée.

De cette sorte, on élimine les variations du niveau d'huile normales, dues à des événements particuliers de la phase de fonctionnement, comme par exemple un virage ou un freinage de l'aéronef et qui se traduisent par une augmentation ou une diminution ponctuelle et momentanée du niveau d'huile dans le réservoir.

En outre, au cours de la sélection des mesures, on peut également exclure les mesures du niveau d'huile supérieures à un niveau d'huile limite prédéterminé, ou représentatives de variations du niveau d'huile supérieures à une variation limite prédéterminée.

De cette sorte, les mesures correspondant à des niveaux d'huile aberrants sont éliminées, comme par exemple une mesure supérieure au contenu maximal du réservoir, etc.

Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, l'agrégation des mesures comprend la détection d'au moins un remplissage du réservoir entre deux missions successives de l'aéronef.

On peut ainsi prendre en compte les remplissages du réservoir d'huile entre deux missions successives de l'aéronef qui peuvent avoir une influence sur le niveau d'huile et induire des différences entre les niveaux non imputables à une anomalie de la consommation d'huile.

En outre, l'agrégation des mesures peut également comprendre la correction d'au moins une mesure du niveau d'huile en fonction d'une différence existant entre la température d'huile associée à cette mesure et la température de référence.

De cette sorte, il est possible de prendre en compte de légères différences de température existant entre les niveaux d'huile mesurés au cours des différentes phases de fonctionnement considérées ou au sein d'une même phase de fonctionnement.

Cette correction permet de relâcher quelque peu la contrainte en termes de températures voisines de la température de référence. La notion de « voisines de la température de référence » tolèrera des écarts de température plus importants, par exemple jusqu'à 40°C.

Dans un mode particulier de réalisation, l'agrégation des mesures comprend l'application d'une régression linéaire aux mesures sélectionnées.

Cette régression permet de lisser la courbe des mesures de façon à s'affranchir des imprécisions de mesure ou des différences pouvant apparaître par exemple d'une mission à l'autre ou entre les différentes phases de fonctionnement.

En outre, elle peut permettre d'obtenir la consommation d'huile moyenne du moteur, donnée par le coefficient directeur de la droite obtenue après régression. Elle est réalisée sur une période plus ou moins longue (et donc sur un nombre de mesures plus ou moins importants) en fonction du type de suivi de la consommation que l'on souhaite réaliser.

Dans un mode particulier de réalisation, on compare les mesures agrégées par rapport à un seuil prédéterminé représentatif d'une consommation anormale d'huile par le moteur.

Il est ainsi possible de détecter une consommation d'huile anormale ponctuelle.

En variante, on agrège les mesures sur plusieurs missions de l'aéronef et on compare les mesures agrégées avec une courbe de référence (ex. une droite) représentative d'une consommation normale d'huile par le moteur.

On peut alors détecter des anomalies se manifestant à plus long terme, par exemple après plusieurs missions de l'aéronef.

Dans un mode particulier de réalisation, le procédé de surveillance selon l'invention est tel que :

- l'obtention et la sélection des mesures sont mises en œuvre au cours de la mission de l'aéronef ; et
- l'agrégation des mesures et la comparaison sont mises en œuvre par un dispositif au sol auquel les mesures sélectionnées ont été envoyées par l'aéronef.

Corrélativement, dans ce mode particulier de réalisation, dans le système de surveillance selon l'invention :

- les moyens pour obtenir la pluralité de mesures et pour sélectionner les mesures représentatives de variations du niveau d'huile sont embarqués à bord de l'aéronef ; et
- les moyens pour agréger les mesures sélectionnées et pour comparer les mesures agrégées avec des données de référence sont intégrés dans un dispositif au sol ;

l'aéronef comprenant en outre des moyens pour envoyer les mesures sélectionnées au dispositif au sol.

Cette répartition permet d'accélérer le traitement des mesures au sol et de limiter la quantité de mesures transmises en cours de mission par l'aéronef.

On peut également envisager, dans d'autres modes de réalisation, que le procédé et le système de surveillance selon l'invention présentent en combinaison tout ou partie des caractéristiques précitées.

## Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 représente de façon schématique, dans son environnement, un système de surveillance conforme à l'invention dans un mode particulier de réalisation ;
- les figures 2 et 3 représentent, sous forme d'organigrammes, les principales étapes d'un procédé de surveillance selon l'invention dans un mode particulier de réalisation dans lequel il est mis en œuvre par le système représenté sur la figure 1 ; et

– la figure 4 représente un exemple de surveillance du niveau d'huile conformément à l'invention par comparaison avec une droite de référence.

Description détaillée d'un mode de réalisation

La **figure 1** représente, dans son environnement, un système de surveillance 1 du niveau d'huile contenu dans un réservoir d'un moteur d'aéronef en fonctionnement (non représenté), conforme à l'invention, dans un mode particulier de réalisation.

Le moteur d'aéronef est par exemple un turboréacteur. On notera cependant que l'invention s'applique à d'autres moteurs d'aéronef et notamment d'autres turbomachines, telles qu'à un turbopropulseur, etc.

Dans le mode de réalisation envisagé ici, les moyens mis en œuvre par le système de surveillance 1 sont répartis sur deux entités, à savoir sur l'aéronef 2 propulsé par le moteur et sur un dispositif au sol 3 hébergé par exemple par la compagnie aérienne exploitant l'aéronef 2.

Cette hypothèse n'est cependant pas limitative, le système de surveillance 1 pouvant être embarqué uniquement à bord de l'aéronef 2 ou être intégré entièrement au niveau du dispositif au sol 3.

Conformément à l'invention, le système de surveillance 1 est apte à surveiller le niveau d'huile contenu dans un réservoir 21 d'un turboréacteur de l'aéronef 2.

Ce niveau d'huile est mesuré, de façon connue en soi, par un capteur résistif 22 à résolution discrète. Un tel capteur délivre une mesure discrète ayant une résolution prédéfinie (ex. 0.25 qt soit 0.27 litre). Autrement dit, tant que le niveau d'huile mesuré par le capteur 22 ne change pas d'au moins une quantité égale à la résolution du capteur, la mesure discrète délivrée par le capteur reste identique. Ainsi, on ne connaît pas précisément la mesure absolue du niveau d'huile contenu dans le réservoir 21, mais dès qu'une variation du niveau d'huile est détectée par le capteur, celle-ci est au moins égale à la résolution du capteur.

On notera toutefois que l'invention s'applique à d'autres types de capteurs de niveau d'huile, à résolution continue ou discrète.

L'aéronef 2 est en outre équipé d'un calculateur 23, comprenant des moyens pour traiter les mesures réalisées par le capteur 22

conformément à l'invention. Ces moyens seront décrits ultérieurement en référence à la figure 2.

Les mesures traitées par le calculateur 23 sont envoyées au dispositif au sol 3 par des moyens de communication 24 équipant l'aéronef 2. Ces moyens 24 intègrent notamment ici une unité ACARS (Airline Communications, Addressing and Reporting System), apte à communiquer selon le standard ARINC via une liaison 4 avec le dispositif au sol 3. De tels moyens sont connus de l'homme du métier et ne seront pas décrits davantage ici.

Le dispositif au sol 3 a ici l'architecture matérielle d'un ordinateur. Il comprend notamment des moyens de communication 21, incluant une unité ACARS apte à recevoir et à décoder les messages envoyés par l'aéronef 2, un processeur 32, une mémoire vive 33, une mémoire morte 34 et une mémoire non volatile 35.

La mémoire morte 34 constitue un support d'enregistrement lisible par le processeur 32 et sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution de certaines étapes du procédé de surveillance selon l'invention décrites ultérieurement en référence à la figure 3.

Nous allons maintenant décrire, en référence aux figures 2 et 3 les principales étapes du procédé de surveillance selon l'invention, dans un mode particulier de réalisation dans lequel ces étapes sont mises en œuvre par le système 1 représenté sur la figure 1 pour la surveillance du niveau d'huile contenu dans le réservoir 21 du turboréacteur de l'aéronef 2.

Comme mentionné précédemment, dans le mode de réalisation envisagé ici, certaines étapes du procédé de surveillance sont mises en œuvre par l'aéronef 2, tandis que d'autres étapes sont mises en œuvre par le dispositif au sol 3.

Les étapes mises en œuvre par l'aéronef 2 correspondent à proprement parler à l'acquisition de mesures du niveau d'huile contenu dans le réservoir 21 et à l'extraction des mesures pertinentes pour effectuer un suivi de la consommation d'huile du turboréacteur. Elles seront décrites en référence à la figure 2.

Les étapes mises en œuvre par le dispositif au sol 3 seront décrites en référence à la figure 3.

En référence à la **figure 2**, lors d'une mission de l'aéronef 2, le capteur 22 effectue périodiquement des mesures du niveau d'huile contenu dans le réservoir 21 du turboréacteur (étape E10).

Ces mesures sont mémorisées dans une mémoire du calculateur 23 (non représentée), en association d'une part avec la température de l'huile au moment de la mesure (mesurée par un capteur de température connu en soi) et d'autre part avec le régime de rotation du turboréacteur. Le régime de rotation du turboréacteur est caractérisé ici par le paramètre N2, qui désigne la vitesse de rotation de l'arbre du compresseur haute pression du turboréacteur.

En variante, le régime de rotation peut être caractérisé par d'autres paramètres de fonctionnement du turboréacteur, comme par exemple le paramètre N1 qui désigne la vitesse de rotation de l'arbre du compresseur basse pression du turboréacteur.

On notera que dans l'exemple envisagé ici, le capteur 22 étant un capteur discret, la mesure qu'il délivre peut rester la même pendant une longue période (ex. une heure) si les facteurs qui influencent le niveau d'huile dans le réservoir ne varient pas. On désigne ici par segment un ensemble de mesures consécutives identiques délivrées par le capteur 22. Aussi, afin de limiter la quantité de mémoire nécessaire pour stocker les mesures délivrées par le capteur, il est suffisant de mémoriser, pour chaque segment, la valeur du niveau d'huile mesurée par le capteur 22 sur ce segment, le début du segment et sa durée, les températures d'huile minimale et maximale atteintes sur ce segment, et les régimes de rotation correspondant.

En variante, toutes les mesures relevées par le capteur 22 peuvent être mémorisées.

En parallèle de l'acquisition des mesures de niveau d'huile, du régime de rotation et de la température de l'huile, une extraction des mesures pertinentes est mise en œuvre conformément à l'invention. Cette extraction est menée au fur et à mesure de la mission de l'aéronef afin d'une part d'optimiser les temps de traitement des mesures et d'autre part de limiter la quantité de mesures stockées.

Cette extraction consiste à filtrer les mesures afin de ne sélectionner que les mesures pertinentes permettant d'évaluer la

consommation d'huile du turboréacteur et de détecter une consommation anormale.

De cette sorte, on limite également avantageusement la quantité de données envoyées au dispositif au sol 3 via la liaison ACARS 4.

Les traitements permettant d'extraire les mesures pertinentes pouvant différer en fonction de la phase du vol durant laquelle les mesures ont été effectuées, on identifie dans un premier temps la phase du vol dans laquelle se trouve l'aéronef (ex. moteur à l'arrêt, démarrage, taxi avant décollage, décollage, montée, croisière, descente, taxi après atterrissage, arrêt du moteur, etc.) (étape E20).

Les phases du vol peuvent être identifiées en fonction du régime de rotation du turboréacteur et notamment des paramètres N1 et/ou N2 mentionnés précédemment, ainsi que de la phase de vol précédente. En outre, une machine à états temporisés peut être utilisée pour suivre un gabarit de régime moteur.

Dans le mode de réalisation envisagé ici, seules les mesures du niveau d'huile réalisées pendant la phase taxi (avant décollage et après atterrissage) et pendant la phase croisière sont utilisées pour estimer la consommation d'huile du turboréacteur (étape E30).

Les autres mesures ne sont pas considérées comme pertinentes (étape E40).

Nous allons maintenant décrire dans un premier temps, les traitements envisagés pour extraire les mesures pertinentes relevées pendant la phase taxi. Le choix de ces traitements résulte d'observations faites par les inventeurs en analysant des données brutes récoltées au cours de vols réels d'avion.

Ainsi, il a été notamment observé que lors des phases de taxi, le régime de rotation du turboréacteur (caractérisé ici par le paramètre N2) se situe à environ 60% de son régime maximum, et présente des pics plus élevés lorsque le pilote de l'aéronef accélère. Lors d'un pic du paramètre N2, le niveau d'huile dans le réservoir 21 baisse légèrement après l'accélération avant de remonter à son niveau avant accélération quelques secondes après le retour à un régime de rotation normal. Les mesures réalisées pendant un pic du paramètre N2 ne sont donc pas représentatives de la consommation réelle en huile du turboréacteur.

Afin d'éliminer les mesures de niveaux d'huile correspondant à une phase d'accélération de l'aéronef, on définit un régime de rotation de référence du turboréacteur, noté N2Ref, correspondant au régime de rotation le plus couramment rencontré au cours de la mission de l'aéronef. Par exemple, N2Ref est pris égal à environ 60% du régime maximum du turboréacteur.

Puis on identifie parmi les mesures transmises par le capteur 22 celles qui sont représentatives d'une variation du niveau d'huile et qui sont associées à un paramètre N2 voisin du régime de rotation de référence N2Ref (étape E50). De cette sorte, on exclut tous les segments correspondant à des pics élevés du paramètre N2 et qui ne sont pas pertinents pour suivre la consommation d'huile du turboréacteur. On se place ainsi à iso-conditions en termes de régime de rotation du turboréacteur.

Un second traitement appliqué aux mesures réalisées par le capteur 22 durant la phase taxi consiste à exclure les mesures aberrantes, c'est-à-dire, les mesures qui ne correspondent pas à proprement parler à une réalité physique mais qui proviennent d'erreurs de mesure (étape E60). A cette fin, on exclut notamment les mesures du niveau d'huile supérieures à un niveau d'huile limite prédéterminé (ex. à la contenance du réservoir 21), ainsi que les mesures représentatives de variations du niveau d'huile supérieures à une variation limite prédéterminée (ex. supérieure à 2 ou 3 fois la résolution du capteur, les variations du niveau d'huile étant généralement égales à la résolution du capteur en phase taxi).

Enfin, au cours de l'étape E60, on exclut également les mesures correspondant à des segments de courte durée, inférieure à une durée limite prédéterminée. Ce traitement a pour but d'exclure les variations du niveau d'huile dues à des virages entrepris par le pilote de l'aéronef ou à de brusques coups de frein : ceux-ci se traduisent en effet par une accélération ou une décélération de la vitesse du moteur par rapport au sol, provoquant ainsi une inclinaison momentanée de la surface d'huile dans le réservoir.

Ainsi, à l'issue de l'étape E60, seules les mesures correspondant à des variations du niveau d'huile dues à des changements de température sont conservées.

Afin de se placer à iso-conditions en termes de température, on sélectionne alors les mesures associées à une température d'huile voisine d'une température de référence TRef prédéterminée (étape E70).

On choisit préférentiellement comme température de référence TRef, une température la plus couramment atteinte par l'huile contenue dans le réservoir 21, par exemple 100°C.

Différents critères pourront être appliqués pour estimer qu'une température d'huile est « voisine de » la température de référence TRef. Par exemple, on pourra s'assurer que la température associée à la mesure se trouve dans un intervalle [Tref-$\alpha$ ; Tref+$\beta$] défini autour de la température de référence TRef, $\alpha$ et $\beta$ désignant des nombres réels positifs ou nuls dépendant notamment de la température TRef (ex. TRef=100°C et $\alpha=\beta=4$°C).

On notera que des valeurs plus élevées de $\alpha$ et $\beta$ pourront être envisagées moyennant une correction du niveau d'huile détaillée ultérieurement et effectuée lors du traitement par le dispositif au sol 3.

Dans l'exemple envisagé ici où des segments correspondant à des mesures identiques de niveau d'huile sont stockés, on sélectionne de préférence au cours de l'étape E70 les segments dont les températures minimale et maximale associées se trouvent de part et d'autre de la température de référence. En variante, on peut également sélectionner les segments dont les températures minimale et maximale sont relativement proches de la température de référence, c'est-à-dire inférieures ou supérieures d'un écart prédéterminé de l'ordre de quelques degrés Celsius.

Bien entendu, d'autres traitements visant à réduire le nombre de mesures envoyées au dispositif au sol 3 pourront être envisagés : un compromis entre la pertinence des mesures envoyées, le nombre de mesures nécessaires pour une estimation fiable de la consommation d'huile et la quantité d'information transmise au dispositif au sol 3 devra être considéré.

Les mesures de niveau d'huile sélectionnées à l'étape E70 sont alors transmises aux moyens de communication 31 du dispositif au sol 3 par les moyens de communication 24 de l'aéronef 2, via la liaison ACARS 4 (étape E80).

A cette fin, les mesures de niveau d'huile (i.e. ici les segments sélectionnés) sont codées par exemple dans des messages conformes au

standard ARINC, connu de l'homme du métier. Chaque mesure est associée dans ce message à la température d'huile correspondante et à la phase du vol pendant laquelle elle a été réalisée (ici phase taxi ou croisière). En variante, d'autres standards que le standard ARINC peuvent être utilisés pour coder les messages.

Dans le mode de réalisation décrit ici, on envisage des traitements similaires pour extraire les mesures pertinentes relevées pendant la phase de croisière aux traitements envisagés pendant la phase taxi : ainsi les étapes E50 à E80 sont reproduites pour les mesures transmises par le capteur 22 durant la phase de croisière. On notera toutefois que la phase de croisière étant une phase relativement stable en termes de régime de rotation du turboréacteur, ces traitements se résument essentiellement à exclure les mesures correspondant à des variations de courte durée et à sélectionner les mesures associées à une température voisines de la température de référence.

En variante, d'autres traitements spécifiques à la phase de croisière pourraient être envisagés, tels que par exemple une caractérisation statistique (ex. moyenne, écart type, valeurs minimale et maximale) du régime de rotation pour chaque segment ou une correction du niveau d'huile en fonction de la température par rapport à la température de référence.

Les étapes E10 à E80 sont répétées au cours de chaque mission de l'aéronef.

Nous allons maintenant décrire, en référence à la **figure 3**, les étapes du procédé de surveillance mises en œuvre par le dispositif au sol 3.

Comme mentionné précédemment, ces étapes consistent essentiellement à agréger les mesures envoyées par l'aéronef 2 au cours d'une ou de plusieurs missions, et à déterminer la consommation d'huile du turboréacteur en fonction des mesures ainsi agrégées afin de détecter notamment une consommation anormale.

Par agréger on entend ici réunir les mesures de façon à former un ensemble unique de points (ex. une courbe) cohérent et représentatif de l'évolution réelle du niveau d'huile du réservoir au cours des missions.

Ainsi, les mesures obtenues sur une mission lors des phases taxi avant décollage et taxi après atterrissage et lors de la phase croisière sont ordonnées chronologiquement.

En revanche, la façon dont les mesures obtenues sur des missions distinctes de l'aéronef sont agrégées peut différer en fonction du type de suivi envisagé (par exemple moyenné sur plusieurs vols, ou journalier, hebdomadaire, mensuel, etc.). Ainsi, l'agrégation pourra consister notamment à moyenner les mesures relevées au cours d'une mission afin d'obtenir un niveau d'huile moyen sur la mission, ou à ordonner chronologiquement les mesures obtenues sur différentes missions afin d'évaluer l'évolution du niveau d'huile au cours de plusieurs missions successives de l'aéronef.

Dans le mode de réalisation décrit ici, on souhaite évaluer l'évolution du niveau d'huile au cours de plusieurs missions successives de l'aéronef. Le nombre de missions agrégées pour le suivi diffère en fonction de la nature du suivi attendu, i.e. selon s'il s'agit d'un suivi journalier, hebdomadaire, mensuel, etc. Plus le nombre de missions considérées est grand, plus le diagnostic résultant de l'analyse de l'évolution du niveau d'huile sera précis et permettra d'identifier des phénomènes lents conduisant à une consommation anormale d'huile par le moteur. Au contraire, un suivi réalisé sur un nombre de missions faible permettra de détecter des phénomènes rapides.

Pour agréger les mesures sur plusieurs missions de l'aéronef, on procède ici en deux temps :

- agrégation sur chaque mission des mesures sélectionnées lors de la phase taxi (avant décollage et après atterrissage) et de la phase croisière et reçues par les moyens de communication 31 du dispositif au sol 3 (étapes F10 et F30) ; puis
- agrégation sur plusieurs missions.

Plus précisément, pour chaque mission de l'aéronef, suite à la réception des mesures sélectionnées pour la phase taxi (étape F10), on détermine tout d'abord si certaines de ces mesures nécessitent une correction du fait de l'existence d'une différence entre les températures d'huile associées à ces mesures et la température de référence (étape F20).

En effet, comme mentionné précédemment, au cours de l'étape E70 on a pu tolérer des écarts plus ou moins importants par rapport à la température de référence TRef. Notamment, des écarts plus importants (par exemple de l'ordre de 30°C) ont pu être envisagés lorsqu'aucune des températures associées aux mesures relevées par le capteur 22 n'est égale ou quasiment égale à la température de référence.

L'écart de températures toléré est bien entendu prédéfini et dépend de la correction pouvant être apportée par le dispositif au sol 3. Cette correction est effectuée ici grâce à un modèle simple, déterminé de façon empirique, qui associe à un écart $\Delta T$ de température par rapport à la température de référence TRef, un écart $\Delta Q$ de niveau d'huile. Par exemple : $\Delta Q = 0.0341417 \times \Delta T$. Bien entendu, d'autres modèles peuvent être envisagés.

Le dispositif au sol 3 corrige les mesures concernées en leur ajoutant un écart $\Delta Q$ déterminé selon le modèle, en fonction de l'écart de température $\Delta T$ qu'elles présentent par rapport à la température de référence.

Après avoir réalisé cette correction, le dispositif au sol 3 classe, pour la mission considérée, les mesures sélectionnées (et éventuellement corrigées) pour la phase taxi et les mesures sélectionnées pour la phase de croisière dans l'ordre chronologique (étape F40). On obtient ainsi l'évolution du niveau d'huile du réservoir 21 pour chaque mission de l'aéronef.

Dans une variante de réalisation, on applique en outre une régression linéaire aux mesures ainsi ordonnées afin de lisser la courbe obtenue.

Les mesures classées chronologiquement sur chaque mission sont alors agrégées sur plusieurs missions de l'aéronef (étape F40), c'est-à-dire ici, classées dans l'ordre des missions successives de l'aéronef.

Selon le nombre de missions considérées lors de l'agrégation des mesures, la courbe obtenue peut présenter des « décrochements », c'est-à-dire des variations brusques du niveau d'huile entre deux missions successives de l'aéronef. Ces décrochements correspondent essentiellement à des remplissages du réservoir 21 entre deux missions successives de l'aéronef.

Ainsi, afin de permettre une analyse correcte de la consommation d'huile du moteur, le dispositif au sol 3 détecte ces remplissages du réservoir 21 (étape F50). Pour cela il compare les variations du niveau d'huile apparaissant à la jonction entre deux missions successives de l'aéronef avec un seuil prédéterminé afin de détecter les variations brusques.

En outre, le dispositif au sol 3 compense ici ces remplissages afin de s'affranchir de leur influence sur l'évolution du niveau d'huile. Cette compensation est réalisée en soustrayant la quantité d'huile ajoutée lors du remplissage du réservoir. Elle permet « d'aligner » les mesures agrégées sur les différentes phases et sur les différentes missions de l'aéronef.

A l'issue de cette compensation, on obtient un ensemble C de mesures agrégées représentant l'évolution du niveau d'huile (hors remplissages de réservoir) sur plusieurs missions successives de l'aéronef. Un exemple d'un tel ensemble est représenté en pointillés sur la **figure 4** (ensemble de points C).

Une régression linéaire, appliquée sur les points de l'ensemble C permet d'obtenir la consommation d'huile moyenne du turboréacteur sur les missions considérées. Cette consommation moyenne est donnée par le coefficient directeur de la droite CRef obtenue après régression linéaire (représentée sur la figure 4). Le résidu de la régression et le nombre de points permettent de déterminer la qualité de la consommation ainsi estimée.

Cette consommation moyenne peut alors être comparée à un ou plusieurs seuils de référence, correspondant respectivement par exemple à la consommation d'huile minimale et à la consommation d'huile maximale tolérées pour le moteur. De tels seuils sont fournis par le fabricant du moteur.

Dans l'exemple envisagé ici, l'ensemble de points C est en outre comparé à la droite CRef (étape F60). On entend, au cours de cette comparaison, détecter une rupture d'alignement des points de l'ensemble C par rapport à la consommation moyenne du moteur, rupture souvent symptomatique d'une anomalie dans la consommation d'huile.

La droite CRef constitue une courbe de référence au sens de l'invention représentative d'une évolution normale de la consommation

d'huile par le moteur. En effet, de manière générale, la consommation d'huile d'un moteur varie peu. Aussi, un écart par rapport à la droite CRef permet de diagnostiquer une consommation anormale d'huile par le moteur (étape F70).

A titre d'exemple, le décrochement 5 représenté sur la figure 4 est identifié par l'invention comme représentatif d'une consommation anormale. Une investigation plus avancée permettra de déterminer s'il s'agit d'une réelle anomalie dans la consommation d'huile du moteur ou d'un défaut de mesure si l'écart par rapport à la courbe de référence n'est pas confirmé dans le temps.

En variante, d'autres données de référence peuvent être comparées à la courbe des mesures agrégées selon le type d'anomalies que l'on souhaite détecter. Par exemple, on peut comparer la droite Cref obtenue par régression linéaire sur les points de l'ensemble C avec une droite obtenue par régression linéaire sur des mesures agrégées au cours de missions passées. Une rupture dans les coefficients directeurs de ces droites est alors symptomatique d'une anomalie dans la consommation d'huile.

En outre, dans le mode de réalisation envisagé ici, l'agrégation des mesures sur plusieurs missions de l'aéronef consiste en un classement par ordre chronologique des mesures sélectionnées pour les diverses missions.

En variante, le suivi peut consister à évaluer le niveau d'huile moyen dans le réservoir 21 (la moyenne étant réalisée sur plusieurs missions de l'aéronef). Une régression linéaire peut alors être appliquée sur les mesures agrégées pour estimer la consommation d'huile par le moteur sur la mission. Le résidu de la régression et le nombre de points permettent de déterminer la qualité de la consommation ainsi estimée.

On peut également, dans une autre variante, comparer le niveau d'huile moyen sur une mission par rapport à des seuils de référence représentatifs d'un niveau d'huile normal dans le réservoir 21, etc.

On pourra également améliorer avantageusement le diagnostic en comparant le suivi de la consommation sur plusieurs moteurs d'un même aéronef. Ainsi, à titre d'exemple, on imputera une variation de la consommation d'un même ordre de grandeur constatée sur les différents

moteurs aux conditions de vol, tandis qu'une évolution constatée sur un seul moteur sera considérée comme symptomatique d'une anomalie dans la consommation d'huile.

Par ailleurs, dans le mode de réalisation décrit ici, on détecte une consommation anormale d'huile en comparant l'évolution du niveau d'huile sur plusieurs missions successives de l'aéronef avec une courbe de référence. En variante, on peut estimer la consommation d'huile en effectuant une différence entre deux mesures successives du niveau d'huile agrégées pour comparer directement la consommation d'huile avec une consommation d'huile de référence.

# REVENDICATIONS

1. Procédé de surveillance du niveau d'huile contenue dans un réservoir (21) d'un moteur d'aéronef, comprenant :

- pour au moins deux phases de fonctionnement prédéterminées du moteur, au cours d'au moins une mission de l'aéronef :
  - o l'obtention (E10) d'une pluralité de mesures d'un niveau d'huile du réservoir, chaque mesure étant associée à une température d'huile et à un régime de rotation du moteur ;
  - o la sélection (E50-E70) de mesures représentatives de variations du niveau d'huile, et associées à des températures d'huile voisines d'une température de référence et à des régimes de rotation du moteur voisins d'un régime de rotation de référence ;
- l'agrégation (F40) des mesures sélectionnées sur les phases de fonctionnement et au cours de ladite au moins une mission de l'aéronef ; et
- la comparaison (F60) des mesures agrégées avec des données de référence en vue d'identifier (F70) une consommation d'huile anormale du moteur.

2. Procédé de surveillance selon la revendication 1 dans lequel les deux phases de fonctionnement prédéterminées du moteur correspondent à une phase de taxi et à une phase de croisière de la mission de l'aéronef (E30).

3. Procédé de surveillance selon la revendication 1 ou 2 dans lequel au cours de la sélection des mesures, on exclut (E60) les mesures représentatives de variations du niveau d'huile apparues sur une durée inférieure à une durée limite prédéterminée.

4. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel au cours de la sélection des mesures, on exclut (E60) les mesures du niveau d'huile supérieures à un niveau d'huile limite prédéterminé.

5. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel au cours de la sélection des mesures, on exclut (E60) les mesures représentatives de variations du niveau d'huile supérieures à une variation limite prédéterminée.

6. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel l'agrégation des mesures comprend la détection (F50) d'au moins un remplissage du réservoir entre deux missions successives de l'aéronef.

7. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 dans lequel l'agrégation des mesures comprend la correction (F30) d'au moins une mesure du niveau d'huile en fonction d'une différence existant entre la température d'huile associée à cette mesure et la température de référence.

8. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 dans lequel l'agrégation des mesures comprend l'application d'une régression linéaire aux mesures.

9. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dans lequel on compare les mesures agrégées par rapport à un seuil prédéterminé représentatif d'une consommation anormale d'huile par le moteur.

10. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 dans lequel on agrège (F40) les mesures sur plusieurs missions de l'aéronef et on compare (F60) les mesures agrégées avec une courbe de référence représentative d'une consommation normale d'huile par le moteur.

11. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 dans lequel :

– l'obtention (E10) et la sélection (E30-E50) des mesures sont mises en œuvre au cours de la mission de l'aéronef (2) ; et

– l'agrégation (F20-F50) des mesures et la comparaison (F60) sont mises en œuvre par un dispositif au sol (3) auquel les mesures sélectionnées ont été envoyées.

12. Système de surveillance (1) du niveau d'huile contenu dans un réservoir (21) d'un moteur d'aéronef, comprenant :

– des moyens, activés pour au moins deux phases de fonctionnement prédéterminées du moteur, au cours d'au moins une mission de l'aéronef :
  - pour obtenir une pluralité de mesures d'un niveau d'huile du réservoir, chaque mesure étant associée à une température d'huile et à un régime de rotation du moteur ; et
  - pour sélectionner des mesures représentatives de variations du niveau d'huile, et associées à des températures d'huile voisines d'une température de référence et à des régimes de rotation du moteur voisins d'un régime de rotation de référence ;
– des moyens pour agréger les mesures sélectionnées sur les phases de fonctionnement et au cours de ladite au moins une mission de l'aéronef ; et
– des moyens pour comparer les mesures agrégées avec des données de référence en vue d'identifier une consommation d'huile anormale du moteur.

13. Système de surveillance selon la revendication 12 dans lequel :

– les moyens pour obtenir la pluralité de mesures et pour sélectionner les mesures représentatives de variations du niveau d'huile sont embarqués à bord de l'aéronef (2) ; et
– les moyens pour agréger les mesures sélectionnées et pour comparer les mesures agrégées avec des données de référence sont intégrés dans un dispositif au sol (3) ;

l'aéronef comprenant en outre des moyens pour envoyer les mesures sélectionnées au dispositif au sol.

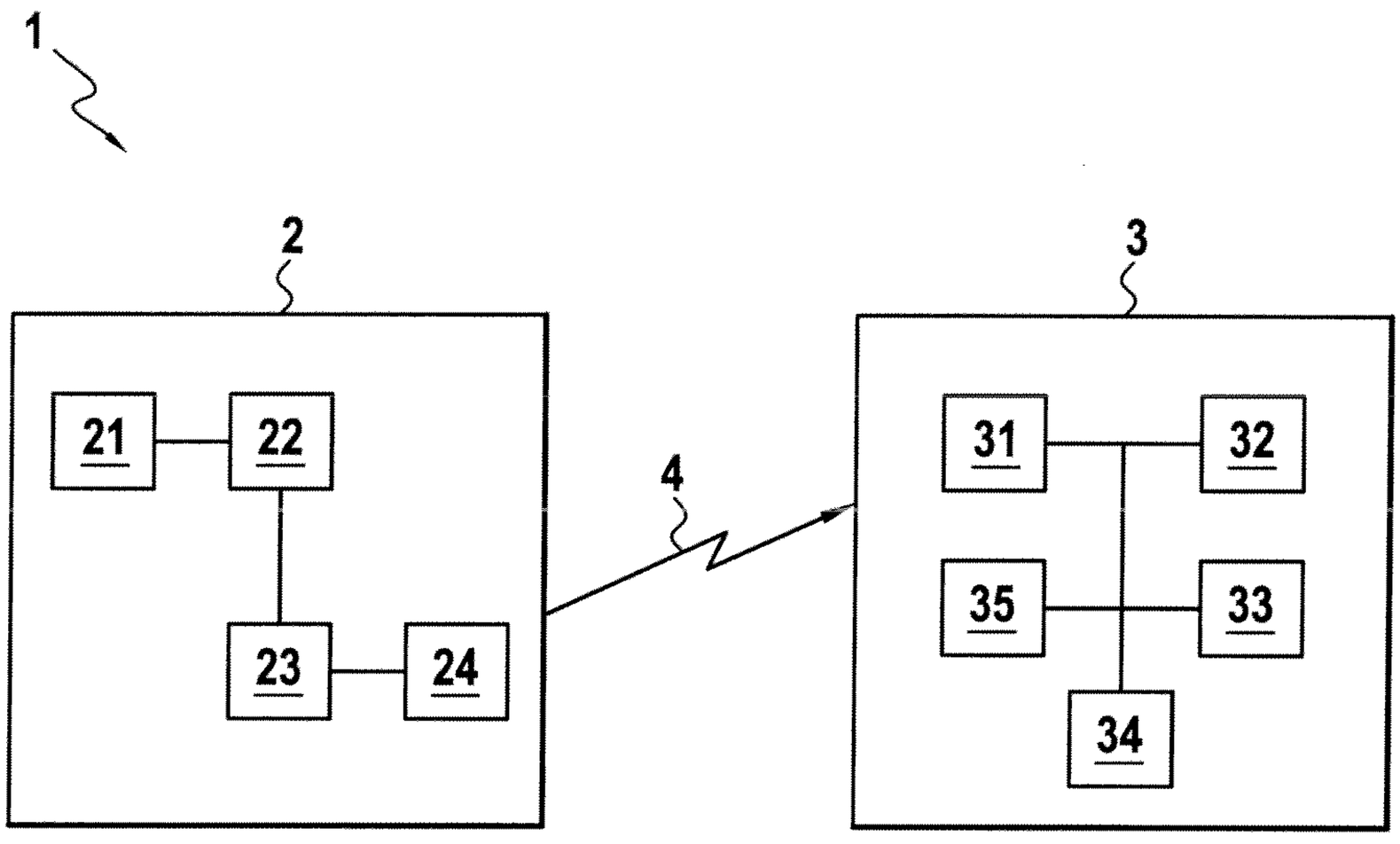



FIG.1

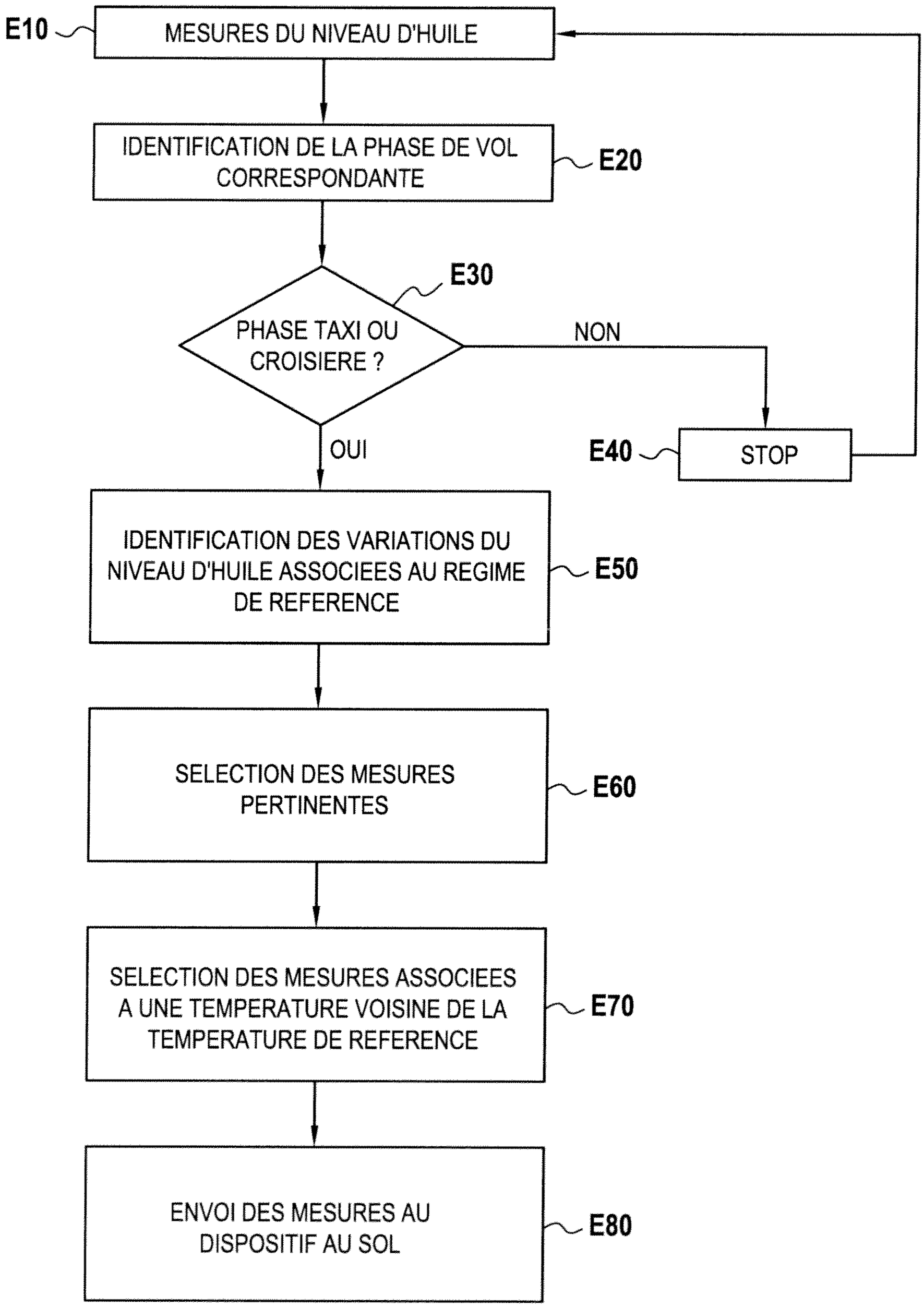

E10
MESURES DU NIVEAU D'HUILE
IDENTIFICATION DE LA PHASE DE VOL CORRESPONDANTE
E20
E30
PHASE TAXI OU CROISIERE ?
NON
OUI
E40
STOP
IDENTIFICATION DES VARIATIONS DU NIVEAU D'HUILE ASSOCIEES AU REGIME DE REFERENCE
E50
SELECTION DES MESURES PERTINENTES
E60
SELECTION DES MESURES ASSOCIEES A UNE TEMPERATURE VOISINE DE LA TEMPERATURE DE REFERENCE
E70
ENVOI DES MESURES AU DISPOSITIF AU SOL
E80

FIG.2

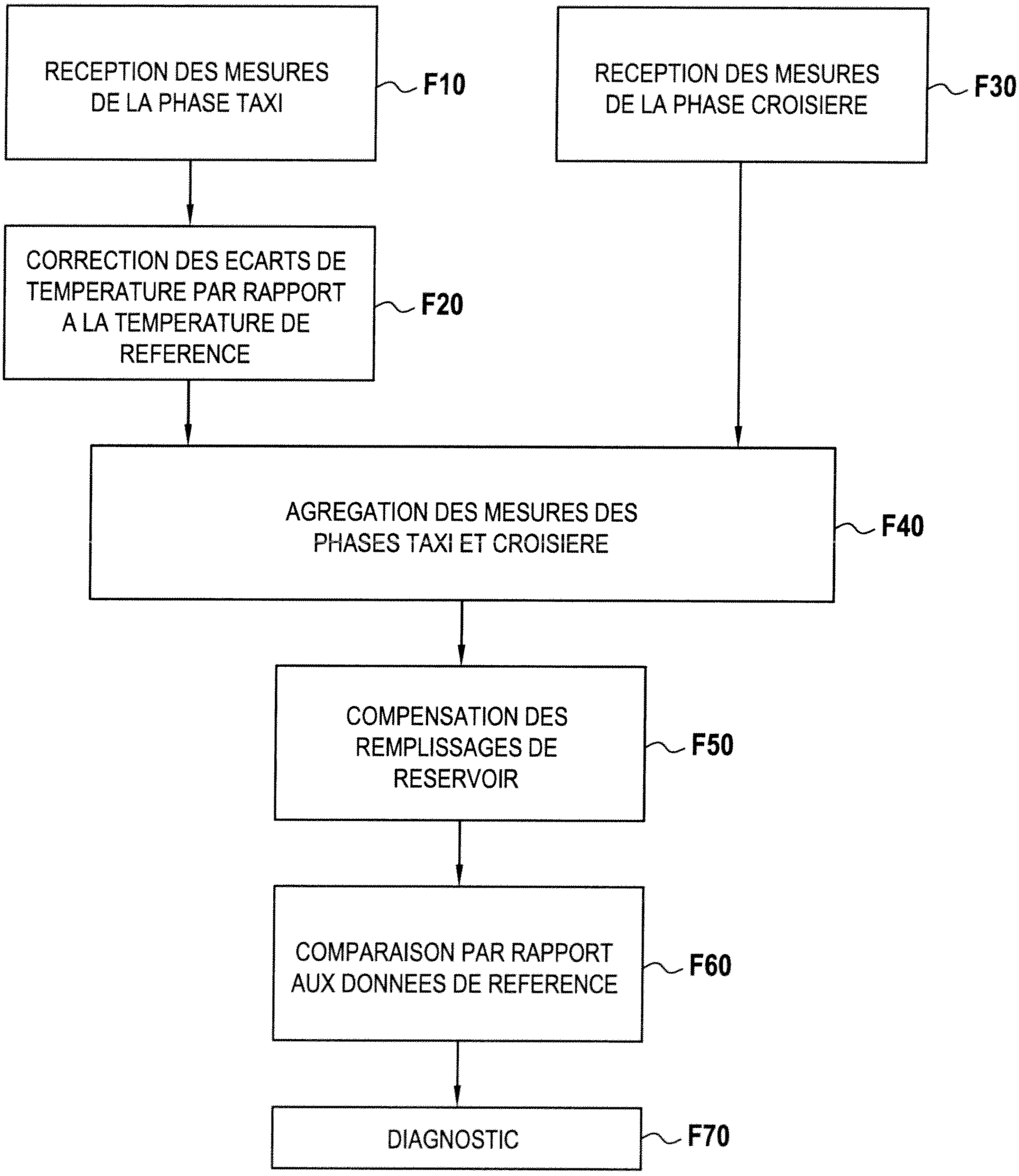

RECEPTION DES MESURES DE LA PHASE TAXI
F10
RECEPTION DES MESURES DE LA PHASE CROISIERE
F30
CORRECTION DES ECARTS DE TEMPERATURE PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE DE REFERENCE
F20
AGREGATION DES MESURES DES PHASES TAXI ET CROISIERE
F40
COMPENSATION DES REMPLISSAGES DE RESERVOIR
F50
COMPARAISON PAR RAPPORT AUX DONNEES DE REFERENCE
F60
DIAGNOSTIC
F70

FIG.3

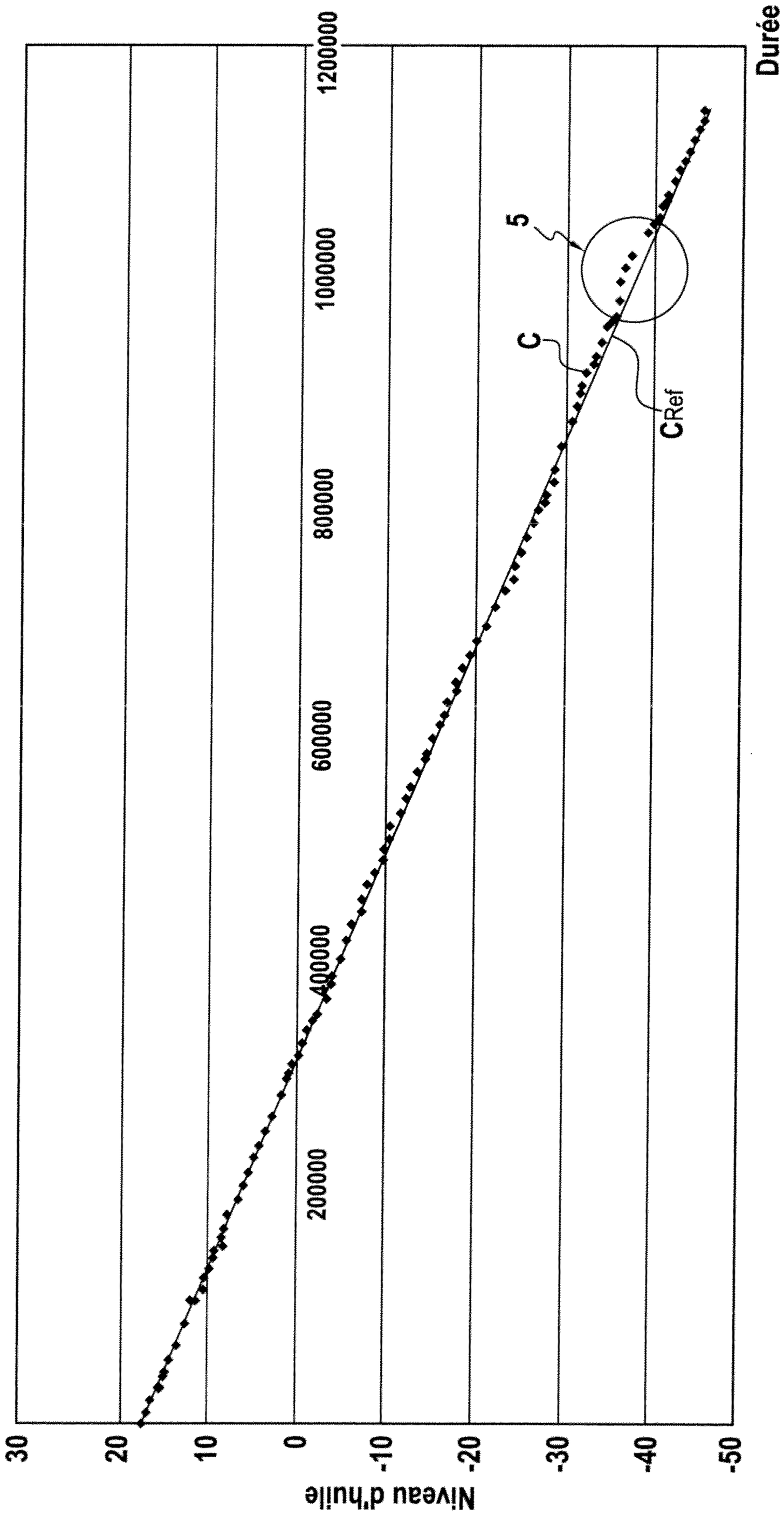
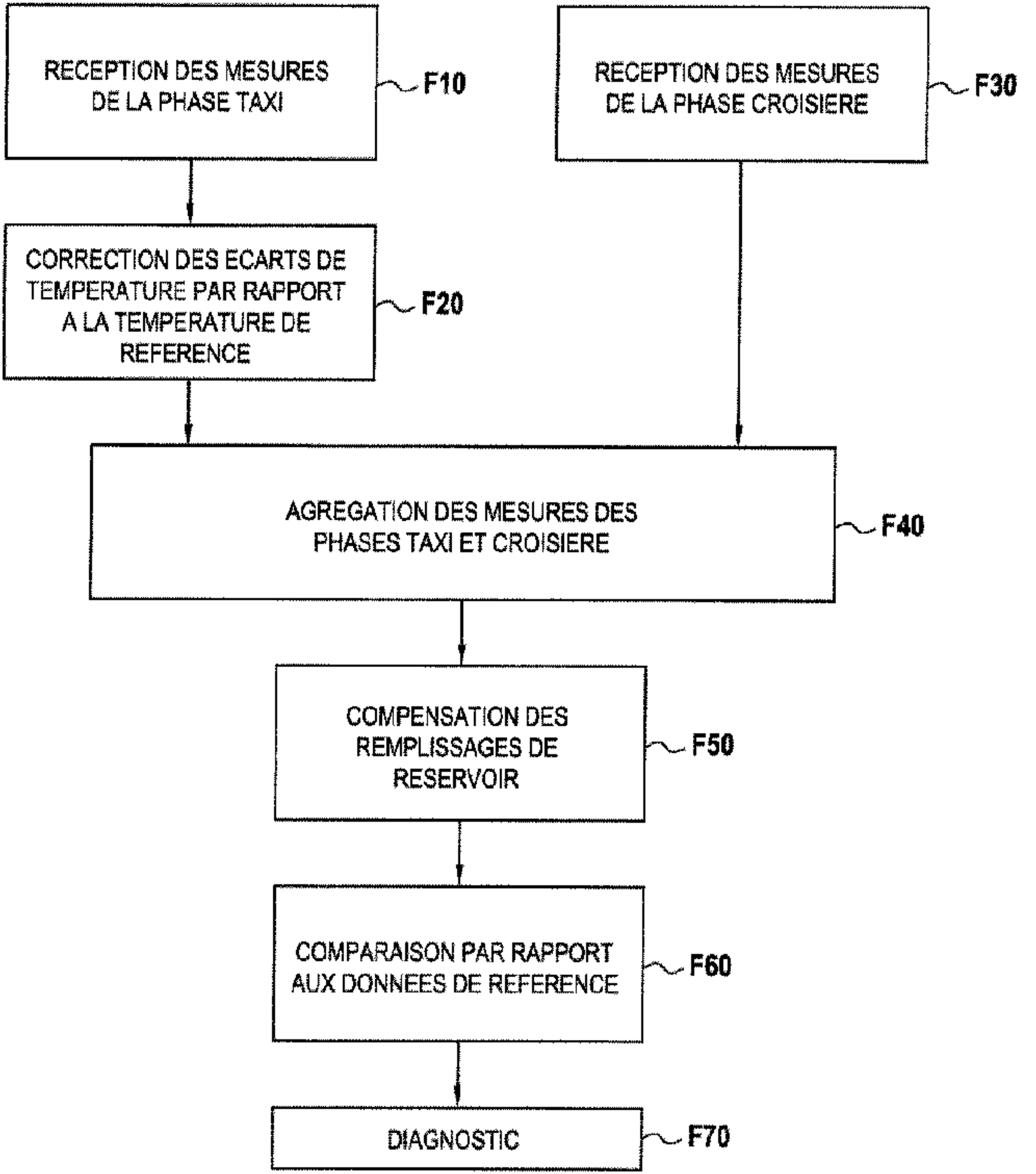

Durée
1200000
1000000
800000
600000
400000
200000
5
C
CRef
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
Niveau d'huile

FIG.4


RECEPTION DES MESURES DE LA PHASE TAXI
F10
RECEPTION DES MESURES DE LA PHASE CROISIERE
F30
CORRECTION DES ECARTS DE TEMPERATURE PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE DE REFERENCE
F20
AGREGATION DES MESURES DES PHASES TAXI ET CROISIERE
F40
COMPENSATION DES REMPLISSAGES DE RESERVOIR
F50
COMPARAISON PAR RAPPORT AUX DONNEES DE REFERENCE
F60
DIAGNOSTIC
F70