

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 019 295

21 N° d'enregistrement national : 14 52650

51 Int Cl⁸ : G 01 M 15/14 (2013.01), G 05 B 23/02

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.03.14.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.10.15 Bulletin 15/40.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SNECMA Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : GOUBY AURELIE et GEREZ VALE-
RIO.

73 Titulaire(s) : SNECMA Société anonyme.

74 Mandataire(s) : CABINET REGIMBEAU Société civile.

54 PROCÉDE D'ESTIMATION DU CARACTERE NORMAL OU NON D'UNE VALEUR MESUREE D'UN
PARAMETRE PHYSIQUE D'UN MOTEUR D'AERONEF.

57 La présente invention concerne un procédé d'estima-
tion du caractère normal ou non d'une valeur (y_{exec}) mesu-
rée par un capteur (20) d'un paramètre physique d'un
moteur (1) d'aéronef pour une valeur (x_{exec}) d'un paramètre
de fonctionnement dudit moteur (1), caractérisé en ce qu'il
comprend la mise en oeuvre d'étapes de :

(a) Calcul en fonction d'un modèle de régression associé
à ladite pluralité de couples ($x_i; y_i$) _{$i \in [1, n]$} d'une valeur estimée
(y_{exec}) du paramètre physique;

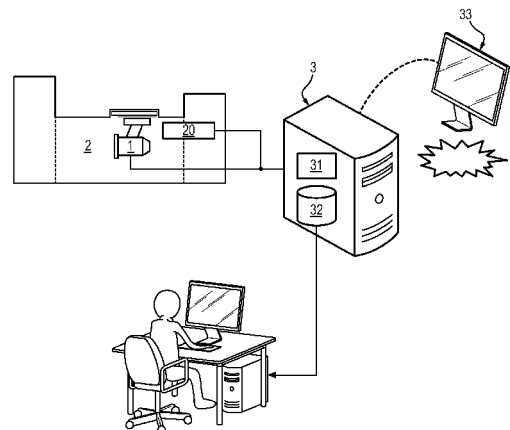
(b) Calcul d'un résidu (res_{exec}) associé;

(c) Calcul en fonction d'un modèle de variance associé
à ladite pluralité de couples ($x_i; y_i$) _{$i \in [1, n]$} d'une valeur estimée
(var_{exec}) d'une variance du paramètre physique;

(d) Calcul d'un score d'anomalie (Z_{score}) de la valeur mesu-
rée (y_{exec}) en fonction du résidu (res_{exec}), de la valeur es-
timée (var_{exec}) de la variance, et d'une valeur moyenne de
résidu (mean) pour ladite pluralité de couples ($x_i; y_i$) _{$i \in [1, n]$} ;

(e) Comparaison du score d'anomalie (Z_{score}) de la va-
leur mesurée (y_{exec}) avec un seuil (σ) en nombre d'écart
type;

(f) si le score de confiance (Z_{score}) est supérieur audit
seuil (σ), signalement de la mesure comme anormale sur
des moyens d'interface (33).



FR 3 019 295 - A1



DOMAINE-TECHNIQUE GENERAL

La présente invention concerne le domaine des tests des équipements aéronautiques.

5 Plus précisément, elle concerne un procédé d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur mesurée d'un paramètre physique d'un moteur.

ETAT DE L'ART

10

Un banc d'essai est une plateforme permettant de mesurer les performances d'une machine d'essai (typiquement un moteur d'aéronef) lors de tests en conditions contrôlées afin d'observer son comportement. De nombreuses données sont acquises pendant de tels tests par des capteurs
15 équipant le banc et/ou la machine d'essai, pour être reversées dans une base de données dédiée, appelée aussi base de données d'essais et nommée par la suite base d'essai. Par simplification on parlera par la suite des capteurs du banc, incluant de fait les capteurs équipant le moteur dans le cadre des essais.

20

Une machine d'essai est généralement soit un prototype en phase de développement que l'on souhaite tester (les données acquises sont alors utilisées par des bureaux d'études pour améliorer les machines et les mettre au point), soit un produit fini pour lequel on souhaite vérifier les spécifications et la fiabilité (les données acquises sont alors utilisées par les
25 équipes qualité). Alternativement la machine d'essai peut être soit un moteur complet soit un composant d'un moteur pour des essais partiels.

30

Cependant, suite à des défauts d'un ou plusieurs capteurs d'un banc et/ou de la machine d'essai, il arrive fréquemment que des données acquises présentent des valeurs anormales ou aberrantes. La base de données d'essais se retrouve alors « polluée » par ces données obtenues lors d'une acquisition « défailante ».

Cela pose problème aux utilisateurs de la base (en particulier les bureaux d'études), qui se servent de toutes les données stockées pour réaliser notamment des comparaisons de performances. Ces données peuvent être également utilisées pour recalibrer des modèles numériques du moteur au banc.

De plus pendant l'essai lui-même il est important de détecter rapidement tout capteur défectueux, dans la mesure où la décision de stopper l'essai peut alors être prise selon la gravité de l'anomalie. En effet, les essais sont très coûteux et il est donc important d'optimiser ces derniers et notamment leur rendu.

Le brevet français FR2965915 décrit un exemple de méthode de surveillance en temps réel de capteurs d'un banc d'essai qui permet de signaler une panne de capteur, mais celle-ci est incapable de détecter une dérive de la qualité des mesures en elle-même. De plus, les méthodes connues sont indissociables du banc d'essai et ne permettent pas d'identifier à posteriori des mesures anormales parmi les mesures stockées dans la base d'essai.

Il serait donc souhaitable de disposer d'une façon fiable, efficace, et reproductible de contrôler des mesures de paramètres associées à un moteur permettant d'identifier sans difficulté une mesure aberrante dans un ensemble de mesures.

PRESENTATION DE L'INVENTION

La présente invention propose selon un premier aspect un procédé d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur mesurée par un capteur d'un paramètre physique d'un moteur d'aéronef pour une valeur d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur, une pluralité de couples définissant chacun une valeur de référence du paramètre physique pour une valeur du paramètre de fonctionnement étant stockés dans une base de données stockée sur des moyens de stockage de données, le procédé

étant caractérisé en ce qu'il comprend la mise en œuvre par des moyens de traitement de données d'étapes de :

- 5 (a) Calcul en fonction d'un modèle de régression associé à ladite pluralité de couples d'une valeur estimée du paramètre physique pour la valeur du paramètre de fonctionnement ;
- (b) Calcul d'un résidu associé ;
- (c) Calcul en fonction d'un modèle de variance associé à ladite pluralité de couples d'une valeur estimée d'une variance du paramètre physique pour la valeur du paramètre de fonctionnement ;
- 10 (d) Calcul d'un score d'anomalie de la valeur mesurée en fonction du résidu, de la valeur estimée de la variance, et d'une valeur moyenne de résidu pour ladite pluralité de couples ;
- (e) Comparaison du score d'anomalie de la valeur mesurée avec un seuil en nombre d'écart type ;
- 15 (f) si le score de confiance est supérieur audit seuil, signalement de la mesure comme anormale sur des moyens d'interface.

L'estimation de la variance en fonction du paramètre de fonctionnement permet de s'affranchir d'une variation de l'incertitude de mesure (dépendante de contexte d'utilisation). L'intervalle de confiance construit (tolérance σ sur le Z_{score}) autour du modèle de régression est ainsi plus réaliste qu'une variance constante et la détection des points anormaux d'autant plus précise. Le modèle d'alarme gagne ainsi en efficacité.

25 Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives :

- le procédé comprend une phase préalable de traitement de ladite pluralité de couples de la base de données, comprenant la mise en œuvre par des moyens de traitement de données d'étapes de :
 - 30 (a0) détermination dudit modèle de régression associé à ladite pluralité de couples par une régression modélisant la valeur y du paramètre physique en fonction de la valeur x du paramètre de fonctionnement

- à partir de l'ensemble $\{x_i; y_i\}_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$, où $x_i; y_i$ désigne les valeurs d'un couple stocké dans la base de données ;
- (a1) pour chacun des couples, calcul d'une valeur estimée du paramètre physique et d'un résidu associé ;
- 5 (a2) calcul de la moyenne desdits résidus ;
- (a3) calcul sur une fenêtre glissante de taille w d'un ensemble de valeurs de variance résiduelle chacune associée à une valeur du paramètre de fonctionnement d'un couple ;
- (a4) détermination dudit modèle de variance associé à ladite pluralité de
10 couples par une régression modélisant la valeur var de la variance résiduelle en fonction de la valeur x du paramètre de fonctionnement à partir de l'ensemble $\{x_j; var_j\}_{j \in \llbracket 1, n-w \rrbracket}$, où var_j désigne une valeur de variance résiduelle calculée et x_j la valeur du paramètre de fonctionnement associée.
- 15 • la phase préalable comprend une étape (a5) de détermination en fonction dudit modèle de variance déterminé d'une zone de confiance autour dudit modèle de régression déterminé, et d'affichage sur les moyens d'interface de ladite zone de confiance ;
- la zone de confiance est définie par une enveloppe supérieure de
20 formule $f(x) + \sigma \times \sqrt{g(x)}$, et une enveloppe inférieure de formule $f(x) - \sigma \times \sqrt{g(x)}$, où f est le modèle de régression et g est le modèle de variance ;
- le score d'anomalie est obtenu par la formule $Z_{score} = \left| \frac{res_{exec} - mean}{\sqrt{\widehat{var}_{exec}}} \right|$, où
25 res_{exec} est le résidu associé à la valeur mesurée du paramètre physique, \widehat{var}_{exec} la valeur estimée de la variance, et $mean$ est la valeur moyenne de résidu pour ladite pluralité de couples ;
- ledit paramètre physique est choisi parmi une pression, une température, une vitesse d'écoulement d'un fluide, et un niveau de bruit associés au moteur ;

- ledit paramètre de fonctionnement est choisi parmi un régime et un débit de carburant associés au moteur ;
- le moteur est disposé dans un banc d'essai comprenant le capteur, l'étape (e) comprenant l'arrêt du banc d'essai si la mesure est signalée
5 comme anormale ;
- l'étape (e) comprend l'ajout du couple formé de la valeur mesurée du paramètre physique et de la valeur du paramètre de fonctionnement associée à ladite base de données de couples si la mesure n'est pas signalée comme anormale.

10

Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un équipement d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur mesurée par un capteur d'un paramètre physique d'un moteur d'aéronef pour une valeur d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur, comprenant des moyens
15 de traitement de données, des moyens de stockage de données stockant dans une base de données une pluralité de couples définissant chacun une valeur de référence du paramètre physique pour une valeur d'un paramètre de fonctionnement, et des moyens d'interface, l'équipement étant caractérisé en ce que les moyens de traitement de données sont
20 configurés pour mettre en œuvre :

- Un module de calcul en fonction d'un modèle de régression associé à ladite pluralité de couples d'une valeur estimée du paramètre physique pour la valeur du paramètre de fonctionnement ;
- Un module de calcul d'un résidu associé ;
- 25 - Un module de calcul en fonction d'un modèle de variance associé à ladite pluralité de couples d'une valeur estimée d'une variance du paramètre physique pour la valeur du paramètre de fonctionnement ;
- Un module de calcul d'un score d'anomalie de la valeur mesurée en fonction du résidu, de la valeur estimée de la variance, et d'une
30 valeur moyenne de résidu pour ladite pluralité de couples ;
- Un module de comparaison du score d'anomalie de la valeur mesurée avec un seuil en nombre d'écart type ;

- Une module d'émission d'un signal d'alarme sur les moyens d'interface signalant la mesure comme anormale si le score de confiance est supérieur audit seuil σ .

5 Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives :

- le module de traitement de données est en outre configuré pour mettre en œuvre :
 - Un module de détermination dudit modèle de régression associé à ladite pluralité de couples par une régression modélisant la valeur y du paramètre physique en fonction de la valeur x du paramètre de fonctionnement à partir de l'ensemble $\{x_i; y_i\}_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$, où $x_i; y_i$ désigne les valeurs d'un couple stocké dans la base de données ;
 - Un module de calcul pour chacun des couples d'une valeur estimée du paramètre physique et d'un résidu associés ;
 - 15 - Un module de calcul de la moyenne desdits résidus ;
 - Un module de calcul sur une fenêtre glissante de taille w d'un ensemble de valeurs de variance résiduelle chacune associée à une valeur du paramètre de fonctionnement d'un couple ;
 - Un module de détermination dudit modèle de variance associé à
 - 20 ladite pluralité de couples par une régression modélisant la valeur var de la variance résiduelle en fonction de la valeur x du paramètre de fonctionnement à partir de l'ensemble $\{x_j; var_j\}_{j \in \llbracket 1, n-w \rrbracket}$, où var_j désigne une valeur de variance résiduelle calculée et x_j la valeur du paramètre de fonctionnement associée.

25

Selon un troisième aspect, l'invention concerne un système comprenant :

- un banc d'essai comprenant un capteur et adapté pour recevoir un moteur d'aéronef ;
- 30 - un équipement selon le deuxième aspect de l'invention d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur mesurée par le capteur d'un

paramètre physique dudit moteur d'aéronef pour une valeur d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur.

Selon un quatrième et un cinquième aspect, l'invention concerne un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code pour l'exécution d'un procédé selon le premier aspect de l'invention d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur mesurée par un capteur d'un paramètre physique d'un moteur d'aéronef pour une valeur d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur ; et un moyen de stockage lisible par un équipement informatique sur lequel un produit programme d'ordinateur comprend des instructions de code pour l'exécution d'un procédé selon le premier aspect de l'invention d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur mesurée par un capteur d'un paramètre physique d'un moteur d'aéronef pour une valeur d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur.

15

PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation préférentiel. Cette description sera donnée en référence aux dessins annexés dans lesquels :

20

- la figure 1 représente un exemple d'environnement dans lequel le procédé selon l'invention est mis en œuvre ;
- les figures 2a-2b illustrent les étapes de deux phases d'un exemple du procédé selon l'invention ;
- les figures 3a-3f représentent des affichages sur une interface de données obtenus lors des différentes étapes du procédé selon l'invention.

25

30 DESCRIPTION DETAILLEE

En référence à la **figure 1**, le présent procédé est un procédé d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur y_{exec} mesurée par un capteur 20 d'un paramètre physique d'un moteur 1 d'aéronef pour une valeur x_{exec} d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur 1. Le moteur 1 est typiquement tout ou partie d'une turbomachine, en particulier double flux.

Le présent procédé peut s'appliquer à n'importe quelle surveillance de mesure (y compris lors de la vie du moteur), mais de façon préférée, on prendra l'exemple de mesures d'essai : le moteur 1 est disposé dans un banc d'essai 2 auquel le capteur 20 est connecté. Le banc d'essai 2 est conçu pour simuler un fonctionnement en conditions réelles du moteur 1. L'objectif de la présente invention est de valider ou non une mesure réalisée lors d'un essai. Ainsi une le caractère normal d'une mesure est directement lié à sa validité. Une mesure déclarée invalide sera considérée comme anormale.

Le paramètre de fonctionnement (valeur x) est une variable « explicative » ou « prédictive », par opposition au paramètre physique mesuré (valeur y) qui est une variable « à expliquer » ou « à prédire ». En d'autres termes, la valeur x du paramètre de fonctionnement est la cause, lorsque la valeur y du paramètre physique est la conséquence.

Plus précisément, le paramètre de fonctionnement est une valeur contrôlée associée au moteur 1 sur laquelle soit un utilisateur peut agir, soit l'environnement influe. En d'autres termes, c'est une commande. Dans la suite de la présente description, on prendra l'exemple du régime moteur (c'est-à-dire le nombre de rotations effectuées par un rotor du moteur 1 par unité de temps), mais on comprendra que de nombreux autres paramètres de fonctionnement, tel que le débit de carburant injecté dans le moteur 1, une température du carburant injecté dans le moteur 1, une pression ambiante autour du moteur 1, et une température ambiante autour du moteur 1, peuvent être surveillés. Ce paramètre est un paramètre d'entrée choisi pour le moteur.

Le paramètre physique est représentatif d'une grandeur physique caractéristique d'un comportement attendu du moteur 1 en réponse à l'application du paramètre de fonctionnement, grandeur physique à laquelle le capteur 20 est adapté. On comprend qu'une pluralité de capteurs 20
5 adaptés pour différentes grandeurs physiques peut être prévue. En particulier, ce paramètre physique peut être une pression en un point du moteur 1, une température interne en un point du moteur 1, la vitesse d'écoulement d'un fluide en un point du moteur 1, un niveau de bruit généré par le moteur 1, une densité de carburant dans le moteur 1, etc. L'homme
10 du métier choisira le type de grandeur physique à mesurer en fonction des objectifs de l'essai. Dans la suite de la présente description, on prendra l'exemple d'une pression mesurée par un capteur de pression 20.

Un couple $(x; y)$ désigne une acquisition ponctuelle : pour une valeur x du paramètre de fonctionnement, une valeur y du paramètre physique est
15 mesurée par le capteur 20.

Une pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ définissant chacun une valeur de référence y_i du paramètre physique pour une valeur x_i du paramètre de fonctionnement sont stockés dans une base de données elle-même stockée sur des moyens de stockage de données 32. Par valeurs « de référence »,
20 on entend qu'elles sont acquises pendant des phases stabilisées d'essais, c'est-à-dire qu'elles peuvent être considérées comme normales. Des éventuelles valeurs anormales ont déjà été supprimées de la base.

Les moyens de stockage de données 32 (qui sont typiquement un disque dur) et des moyens de traitement de données 31 (par exemple un
25 processeur) sont soit ceux d'un équipement 3 connecté au capteur 20 (comme représenté sur la figure 1) soit directement intégrés au banc d'essai 2. L'équipement 3 (ou un autre équipement) est équipé de moyens d'interfaces 33 (tels qu'un clavier et un écran) pour interagir avec la base de données, et en particulier pour l'affichage des résultats (voir plus loin).

Le couple $(x_{exec} ; y_{exec})$ désigne la mesure « surveillée », c'est-à-dire celle pour laquelle on cherche à savoir si la valeur y_{exec} mesurée est normale ou non.

5 Cette mesure surveillée peut être aussi bien une mesure obtenue en temps réel (en particulier dans un fonctionnement lors de la vie du moteur) ou bien une mesure en temps différé (couple $(x_{exec} ; y_{exec})$ déjà stocké dans la base de données et placé en attente).

Phase d'apprentissage

10

Le présent procédé comprend deux phases. La première est une phase d'apprentissage et la seconde est une phase d'exécution. De façon préférée, la phase d'apprentissage est mise en œuvre préalablement de sorte à créer les modèles qui seront décrits plus loin (et le cas échéant les stocker sur les moyens de stockage de données 32), et la phase d'exécution est ensuite mise en œuvre à chaque nouvelle acquisition d'une mesure. C'est la phase d'exécution qui permet l'estimation du caractère normal ou non d'une valeur y_{exec} mesurée, objet de l'invention. La phase d'apprentissage peut être relancée de temps à autres pour mettre à jour les modèles.

20

Alternativement, il est tout à fait possible de ne pas faire de phase d'apprentissage préalable et de déterminer les modèles en temps réel à chaque mise en œuvre de la phase d'exécution.

On décrira dans la suite de la présente description les deux phases.

25

La phase d'apprentissage peut être vue comme un ensemble d'étapes de traitement des seules données de la base (i.e. indépendamment du couple $(x_{exec} ; y_{exec})$).

30 En référence à la **figure 2a** (qui utilise l'exemple des paramètres régime/pression), la phase d'apprentissage commence par une étape (a0) de détermination d'un modèle de régression associé à ladite pluralité de

couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ par régression modélisant y en fonction de x sur l'ensemble des valeurs des couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$. Ce modèle de régression va être utilisé dans la phase d'exécution.

La régression désigne un ensemble de méthodes statistiques bien connues de l'homme du métier pour analyser la relation d'une variable (ici y) par rapport à une ou plusieurs autres (ici x). L'étape (a0) consiste en d'autres termes à déterminer une fonction f permettant d'approximer au mieux les valeurs y_i en fonction de valeurs x_i , pour un type de lien donné. On connaît ainsi des régressions linéaire, polynomiale, exponentielle, logarithmique, etc.

Le choix du type de lien utilisé est avantageusement fait en fonction de l'allure de la courbe et peut se faire de manière automatique par optimisation en maximisant un coefficient de détermination, par exemple de la façon décrite dans la demande de brevet FR2939928.

Le **figure 3a** illustre le nuage de points formé par les n couples $\{x_i; y_i\}_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ et le modèle obtenu par régression.

Dans une deuxième étape (a1), la phase d'apprentissage comprend le calcul, pour chacun des couples, d'une valeur estimée \hat{y}_i du paramètre physique et d'un résidu res_i associés. Le résidu est l'écart entre une valeur estimée et une valeur mesurée. A partir du modèle de régression, on obtient simplement ces valeurs par les formules $\hat{y}_i = f(x_i)$, et $res_i = y_i - \hat{y}_i$, pour $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$. Le **figure 3b** illustre les résidus du modèle obtenus.

Dans une étape (a2), la moyenne desdits résidus est calculée :

$$mean = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n res_i.$$

Une fois le modèle de régression créé, les moyens de traitement de données 31 déterminent un autre modèle utilisé dans la phase d'exécution : il s'agit du modèle de variance.

Ce modèle également associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ se calcule typiquement en deux étapes consécutives. Dans une étape (a3) est calculé un ensemble de valeurs $(var_j)_{j \in \llbracket 1, n-w+1 \rrbracket}$ de

variance résiduelle, ensemble de valeurs qui va permettre la mise en œuvre d'une régression dans l'étape (a4) pour obtenir le modèle de variance.

De façon connue, la variance se calcule comme la moyenne des résidus au carré. L'obtention d'une pluralité de valeurs de variance se fait grâce à une « fenêtre glissante » de taille w (w est un paramètre prédéterminé de l'algorithme, il est de façon préférée choisi d'une taille suffisante pour éviter un problème d'évasement du tube de confiance, voir plus loin. A titre d'exemple, on peut prendre 10% du nombre d'échantillons). Plus précisément, chaque valeur var_j de variance est calculée sur un sous-ensemble (indices j à $j + w - 1$) de l'ensemble des couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$. En particulier, $var_j = \frac{1}{w-2} \sum_{i=j}^{j+w-1} (res_i)^2$.

Similairement à ce qui est fait dans l'étape (a0), le modèle de variance associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ est déterminé dans l'étape (a4) par régression modélisant var en fonction de x . En d'autres termes, dans cette étape, les moyens de traitement de données 31 déterminent la fonction g telle que $\widehat{var}_j = g(x_j)$, pour $j \in \llbracket 1, n - w + 1 \rrbracket$.

La **figure 3c** illustre le nuage de points formé par les $n - w + 1$ couples $\{x_j; var_j\}_{j \in \llbracket 1, n - w + 1 \rrbracket}$ et le modèle obtenu par régression.

Dans une étape (a5) optionnelle, la phase d'apprentissage peut comprendre la définition d'un « tube de confiance » (i.e. une zone de confiance) autour du modèle de régression. Ce tube est constitué d'une enveloppe supérieure et d'une enveloppe inférieure. Entre ces deux enveloppes, un point associé à un couple $(x; y)$ est considéré normal, et non à l'extérieur, comme l'on verra plus loin.

Le tube de confiance est défini par un écart d'amplitude $|\sigma \times \sqrt{g}|$ par rapport au modèle de régression, où un seuil σ en nombre d'écart type (voir plus loin). Comme expliqué avant, ce tube définit un intervalle de confiance fonction de la variance, ce qui augmente le réalisme des résultats : le nombre de faux négatifs et de faux positifs est sensiblement réduit.

L'équation de l'enveloppe supérieure est donnée par la formule $f(x) + \sigma \times \sqrt{g(x)}$, et celle de l'enveloppe inférieure par la formule $f(x) - \sigma \times \sqrt{g(x)}$.

Le tube de confiance est de façon préférée ajouté à une
 5 représentation du nuage de points formé par les n couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ et
 du modèle obtenu par régression (du type de la figure 3a) de sorte à donner
 la **figure 3d**. Comme l'on verra plus loin, ce tube permet d'anticiper le
 résultat de la phase d'exécution et d'illustrer de façon très visuelle (et
 compréhensible y compris par des non-initiés) si une mesure est normale
 10 ou pas.

On notera que la répartition des points $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ n'est pas égale
 suivant le paramètre x . Dans l'exemple où le paramètre de fonctionnement
 est le régime, il y a en effet beaucoup plus de mesure à haut régime qu'à
 bas régime. Cette répartition inégale peut entraîner un évasement du tube
 15 de confiance à son origine, comme représenté sur l'exemple de la **figure**
3e, si le paramètre w est mal choisi.

De façon préférée, le paramètre w est choisi suffisamment élevé
 pour que la fonction g soit croissante. Pour cela, les étapes (a3) puis (a4)
 peuvent être itérativement répétées avec des valeurs croissantes de w
 20 jusqu'à cette condition soit vérifiée.

Phase d'exécution

Comme expliqué précédemment, la phase d'apprentissage
 25 représente un travail préparatoire pour accélérer la phase d'exécution (qui
 correspond au cœur du présent procédé selon l'invention). La phase
 d'apprentissage peut alternativement être réalisée « en même temps » que
 la phase d'exécution. On fera dans la description de cette partie référence à
 toutes les formules associées décrites précédemment.

Cette phase permet d'estimer le caractère normal ou non d'une valeur y_{exec} mesurée du paramètre physique pour une valeur x_{exec} du paramètre de fonctionnement.

5 Cette phase est illustrée par la **figure 2b**. Si la phase d'apprentissage a été mise en œuvre précédemment, les modèles peuvent être chargés depuis les moyens de stockage de données 32, comme illustré sur cette figure.

10 Dans une étape (a), une valeur estimée \hat{y}_{exec} du paramètre physique est calculée pour la valeur x_{exec} du paramètre de fonctionnement en fonction du modèle de régression associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ (modèle déterminé le cas échéant dans la phase d'apprentissage). Ce calcul se fait comme expliqué précédemment par la formule $\hat{y}_{exec} = f(x_{exec})$.

15 Dans l'étape (b) suivante, le résidu Res_{exec} associé est calculé : $res_{exec} = y_{exec} - \hat{y}_{exec}$.

20 Dans l'étape (c) (qui peut être réalisée avant l'une et/ou l'autre des étapes (a) et (b)), une valeur estimée \widehat{var}_{exec} de la variance du paramètre physique est calculée pour la valeur x_{exec} du paramètre de fonctionnement en fonction du modèle de variance associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ (modèle déterminé le cas échéant dans la phase d'apprentissage). Ce calcul se fait comme expliqué précédemment par la formule $\widehat{var}_{exec} = g(x_{exec})$.

25 Le résidu, la valeur estimée \widehat{var}_{exec} de la variance, et la valeur moyenne de résidu $mean$ (calculée le cas échéant lors de la phase d'apprentissage) pour ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ permettent aux moyens de traitement de données de calculer dans une étape (d) un score d'anomalie Z_{score} de la valeur mesurée y_{exec} . De façon préférée, le score de confiance est donné par la formule $Z_{score} = \left| \frac{res_{exec} - mean}{\sqrt{\widehat{var}_{exec}}} \right|$. Plus ce score est
30 élevé, plus la mesure est susceptible d'être anormale.

Dans une étape (e), le score d'anomalie Z_{score} de la valeur mesurée y_{exec} est comparé avec le seuil σ évoqué précédemment (seuil exprimé en nombre d'écart type, par exemple trois à six écarts-type).

Si le score de confiance Z_{score} est supérieur audit seuil σ , la mesure est signalée comme anormale sur l'interface 33 dans une étape (f). Une alarme peut être déclenchée s'il s'agit d'un test en temps réel sur un banc d'essai 2, et ce dernier arrêté (l'essai en cours n'est pas valide et l'anomalie doit être analysée avant que le banc de test puisse être réutilisé). Le couple $(x_{exec}; y_{exec})$ n'est alors pas ajouté à la base de données, (ou supprimé s'il était en attente de vérification).

Dans le cas contraire, la mesure est considérée comme normale, et le couple $(x_{exec}; y_{exec})$ rejoint les valeurs de référence de la base de données. La phase d'apprentissage peut éventuellement être relancée pour mettre à jour les modèles.

Il est à noter qu'une mesure anormale sera représentée en dehors du tube de confiance évoqué précédemment, comme par exemple le montre la **figure 3f**.

En particulier, si $Z_{score} > \sigma$, alors $|res_{exec} (= y_{exec} - \hat{y}_{exec}) - mean| > \sigma \times \widehat{var}_{exec}$ (= le demi-diamètre du tube de confiance), ce qui signifie que le point associé est hors du tube de confiance.

En effet, les résidus suivent une loi Normale de moyenne $mean$. Le test (comparaison avec le Z_{score}) consiste à voir s'il est vraisemblable que l'observation courante soit issue de cette même loi.

Si on trace la distribution d'une loi normale, on voit bien qu'au-delà de six écarts-type, on se place en queue de la distribution. La probabilité d'observer quelque chose de normal au-delà de ce seuil d'écarts-type est de l'ordre de 10^{-9} .

Equipement et système

30

L'équipement 3 (représenté sur la figure 1) pour la mise en œuvre du procédé qui vient d'être décrit (estimation du caractère normal ou non d'une

valeur y_{exec} mesurée par un capteur 20 d'un paramètre physique d'un moteur 1 d'aéronef pour une valeur x_{exec} d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur 1) comprend des moyens de traitement de données 31, des moyens de stockage de données 32, et de moyens d'interface 33.

5 Les moyens de stockage de données 32 stockent dans une base de données la pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ définissant chacun une valeur de référence y_i du paramètre physique pour une valeur x_i d'un paramètre de fonctionnement.

10 Les moyens de traitement de données 31 sont configurés pour mettre en œuvre :

- Un module de calcul en fonction d'un modèle de régression associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ d'une valeur estimée \hat{y}_{exec} du paramètre physique pour la valeur x_{exec} du paramètre de fonctionnement ;
- 15 - Un module de calcul d'un résidu res_{exec} associé ;
- Un module de calcul en fonction d'un modèle de variance associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ d'une valeur estimée \widehat{var}_{exec} d'une variance du paramètre physique pour la valeur x_{exec} du paramètre de fonctionnement ;
- 20 - Un module de calcul d'un score d'anomalie Z_{score} de la valeur mesurée y_{exec} en fonction du résidu res_{exec} , de la valeur estimée \widehat{var}_{exec} de la variance, et d'une valeur moyenne de résidu pour ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$;
- Un module de comparaison du score d'anomalie Z_{score} de la valeur mesurée y_{exec} avec un seuil σ en nombre d'écart type ;
- 25 - Une module d'émission d'un signal d'alarme sur les moyens d'interface 33 signalant la mesure comme anormale si le score de confiance Z_{score} est supérieur audit seuil σ .

Si l'équipement 3 met également en œuvre la phase d'apprentissage, alors le module de traitement de données 31 est en outre configuré pour mettre en œuvre :

- 5 - Un module de détermination dudit modèle de régression associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ par une régression modélisant y en fonction de x à partir de l'ensemble $\{x_i; y_i\}_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ (ce module est le cas échéant configuré pour stocker le modèle de régression sur les moyens de stockage de données 32 pour utilisation future) ;
- 10 - Un module de calcul pour chacun des couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ d'une valeur estimée \hat{y}_i du paramètre physique et d'un résidu res_i associés ;
- Un module de calcul de la moyenne desdits résidus res_i ;
- Un module de calcul sur une fenêtre glissante de taille w d'un ensemble de valeurs $(var_j)_{j \in \llbracket 1, n-w \rrbracket}$ de variance résiduelle;
- 15 - Un module de détermination dudit modèle de variance associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ par une régression modélisant var en fonction de x à partir de l'ensemble $\{x_j; var_j\}_{j \in \llbracket 1, n-w \rrbracket}$ (ce module est le cas échéant configuré pour stocker le modèle de variance sur les moyens de stockage de données 32 pour utilisation
- 20 future).

L'équipement 3 s'inscrit comme expliqué de façon préférée dans un système comprenant en outre un banc d'essai 2 comprenant le capteur 20 mesurant la valeur y_{exec} du paramètre physique et adapté pour recevoir le

25 moteur 1.

Produit programme d'ordinateur

Selon un quatrième et un cinquième aspects, l'invention concerne un

30 produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code pour l'exécution (sur des moyens de traitement de données 31, en particulier ceux

de l'équipement 3) d'un procédé selon le premier aspect de l'invention d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur y_{exec} mesurée par un capteur 20 d'un paramètre physique d'un moteur 1 d'aéronef pour une valeur x_{exec} d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur 1, ainsi que des
5 moyens de stockage lisibles par un équipement informatique (par exemple les moyens de stockage de données 32 de cet équipement 3) sur lequel on trouve ce produit programme d'ordinateur.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'estimation du caractère normal ou non d'une
- 5 valeur (y_{exec}) mesurée par un capteur (20) d'un paramètre physique d'un moteur (1) d'aéronef pour une valeur (x_{exec}) d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur (1), une pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ définissant chacun une valeur de référence (y_i) du paramètre physique pour une valeur (x_i) du paramètre de fonctionnement étant stockés dans une
- 10 base de données stockée sur des moyens de stockage de données (32), le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend la mise en œuvre par des moyens de traitement de données (31) d'étapes de :
- (a) Calcul en fonction d'un modèle de régression associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ d'une valeur estimée (\hat{y}_{exec}) du
 - 15 paramètre physique pour la valeur (x_{exec}) du paramètre de fonctionnement ;
 - (b) Calcul d'un résidu (res_{exec}) associé ;
 - (c) Calcul en fonction d'un modèle de variance associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ d'une valeur estimée (\widehat{var}_{exec}) d'une variance
 - 20 du paramètre physique pour la valeur (x_{exec}) du paramètre de fonctionnement ;
 - (d) Calcul d'un score d'anomalie (Z_{score}) de la valeur mesurée (y_{exec}) en fonction du résidu (res_{exec}), de la valeur estimée (\widehat{var}_{exec}) de la variance, et d'une valeur moyenne ($mean$) de résidu pour ladite
 - 25 pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$;
 - (e) Comparaison du score d'anomalie (Z_{score}) de la valeur mesurée (y_{exec}) avec un seuil (σ) en nombre d'écart type ;
 - (f) si le score de confiance (Z_{score}) est supérieur audit seuil (σ), signalement de la mesure comme anormale sur des moyens
 - 30 d'interface (33).

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant une phase préalable de traitement de ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ de la base de données, comprenant la mise en œuvre par des moyens de traitement de données (31) d'étapes de :

- (a0) détermination dudit modèle de régression associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ par une régression modélisant la valeur y du paramètre physique en fonction de la valeur x du paramètre de fonctionnement à partir de l'ensemble $\{x_i; y_i\}_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$, où $x_i; y_i$ désigne les valeurs d'un couple stocké dans la base de données ;
- (a1) pour chacun des couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$, calcul d'une valeur estimée (\hat{y}_i) du paramètre physique et d'un résidu (res_i) associé ;
- (a2) calcul de la moyenne (*mean*) desdits résidus (res_i) ;
- (a3) calcul sur une fenêtre glissante de taille w d'un ensemble de valeurs $(var_j)_{j \in \llbracket 1, n-w+1 \rrbracket}$ de variance résiduelle chacune associée à une valeur (x_j) du paramètre de fonctionnement d'un couple $(x_j; y_j)_{j \in \llbracket 1, n-w+1 \rrbracket}$;
- (a4) détermination dudit modèle de variance associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ par une régression modélisant la valeur *var* de la variance résiduelle en fonction de la valeur x du paramètre de fonctionnement à partir de l'ensemble $\{x_j; var_j\}_{j \in \llbracket 1, n-w+1 \rrbracket}$, où var_j désigne une valeur de variance résiduelle calculée et x_j la valeur du paramètre de fonctionnement associée.

3. Procédé selon la revendication 2, dans laquelle la phase préalable comprend une étape (a5) de détermination en fonction dudit modèle de variance déterminé d'une zone de confiance autour dudit modèle de régression déterminé, et d'affichage sur les moyens d'interface (33) de ladite zone de confiance.

4. Procédé selon la revendication 3, dans laquelle la zone de confiance est définie par une enveloppe supérieure de formule $f(x) + \sigma \times \sqrt{g(x)}$, et une enveloppe inférieure de formule $f(x) - \sigma \times \sqrt{g(x)}$, où f représente le modèle de régression et g représente le modèle de variance.

5

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle le score d'anomalie (Z_{score}) est obtenu par la formule $Z_{score} = \left| \frac{res_{exec} - mean}{\sqrt{\widehat{var}_{exec}}} \right|$, où res_{exec} est le résidu associé à la valeur mesurée du paramètre physique, \widehat{var}_{exec} la valeur estimée de la variance, et $mean$ est la valeur moyenne de résidu pour ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$.

10

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle ledit paramètre physique est choisi parmi une pression, une température interne, une vitesse d'écoulement d'un fluide, un niveau de bruit, et une densité de carburant, associés au moteur (1).

15

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle ledit paramètre de fonctionnement est choisi parmi un régime, un débit de carburant, une température de carburant, une pression ambiante, et une température ambiante, associés au moteur (1).

20

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le moteur (1) est disposé dans un banc d'essai (2) comprenant le capteur (20), l'étape (e) comprenant l'arrêt du banc d'essai (2) si la mesure est signalée comme anormale.

25

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel l'étape (e) comprend l'ajout du couple $(x_{exec}; y_{exec})$ formé de la valeur mesurée du paramètre physique et de la valeur du paramètre de fonctionnement associée à ladite base de données de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ si la mesure n'est pas signalée comme anormale.

30

10. Equipement (3) d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur (y_{exec}) mesurée par un capteur (20) d'un paramètre physique d'un moteur (1) d'aéronef pour une valeur (x_{exec}) d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur (1), comprenant des moyens de traitement de données (31), des moyens de stockage de données (32) stockant dans une base de données une pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ définissant chacun une valeur de référence y_i du paramètre physique pour une valeur x_i d'un paramètre de fonctionnement, et des moyens d'interface (33), l'équipement (3) étant caractérisé en ce que les moyens de traitement de données (31) sont configurés pour mettre en œuvre :
- Un module de calcul en fonction d'un modèle de régression associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ d'une valeur estimée \hat{y}_{exec} du paramètre physique pour la valeur x_{exec} du paramètre de fonctionnement ;
 - Un module de calcul d'un résidu (res_{exec}) associé ;
 - Un module de calcul en fonction d'un modèle de variance associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ d'une valeur estimée (\widehat{var}_{exec}) d'une variance du paramètre physique pour la valeur (x_{exec}) du paramètre de fonctionnement ;
 - Un module de calcul d'un score d'anomalie (Z_{score}) de la valeur mesurée (y_{exec}) en fonction du résidu (res_{exec}), de la valeur estimée (\widehat{var}_{exec}) de la variance, et d'une valeur moyenne ($mean$) de résidu pour ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$;
 - Un module de comparaison du score d'anomalie (Z_{score}) de la valeur mesurée (y_{exec}) avec un seuil (σ) en nombre d'écart type ;
 - Une module d'émission d'un signal d'alarme sur les moyens d'interface (33) signalant la mesure comme anormale si le score de confiance (Z_{score}) est supérieur audit seuil (σ).

11. Equipement selon la revendication 10, dans lequel le module de traitement de données (31) est en outre configuré pour mettre en œuvre :

- 5 - Un module de détermination dudit modèle de régression associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ par une régression modélisant la valeur y du paramètre physique en fonction de la valeur x du paramètre de fonctionnement à partir de l'ensemble $\{x_i; y_i\}_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$, où $x_i; y_i$ désigne les valeurs d'un couple stocké dans la base de données ;
- 10 - Un module de calcul pour chacun des couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ d'une valeur estimée (\hat{y}_i) du paramètre physique et d'un résidu (res_i) associés ;
 - Un module de calcul de la moyenne (*mean*) desdits résidus (res_i) ;
 - Un module de calcul sur une fenêtre glissante de taille w d'un
 - 15 ensemble de valeurs $(var_j)_{j \in \llbracket 1, n-w+1 \rrbracket}$ de variance résiduelle, chacune associée à une valeur (x_j) du paramètre de fonctionnement d'un couple $(x_j; y_j)_{j \in \llbracket 1, n-w+1 \rrbracket}$;
 - Un module de détermination dudit modèle de variance associé à ladite pluralité de couples $(x_i; y_i)_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ par une régression modélisant
 - 20 *var* en fonction de x à partir de l'ensemble $\{x_j; var_j\}_{j \in \llbracket 1, n-w+1 \rrbracket}$, où var_j désigne une valeur de variance résiduelle calculée et x_j la valeur du paramètre de fonctionnement associée.

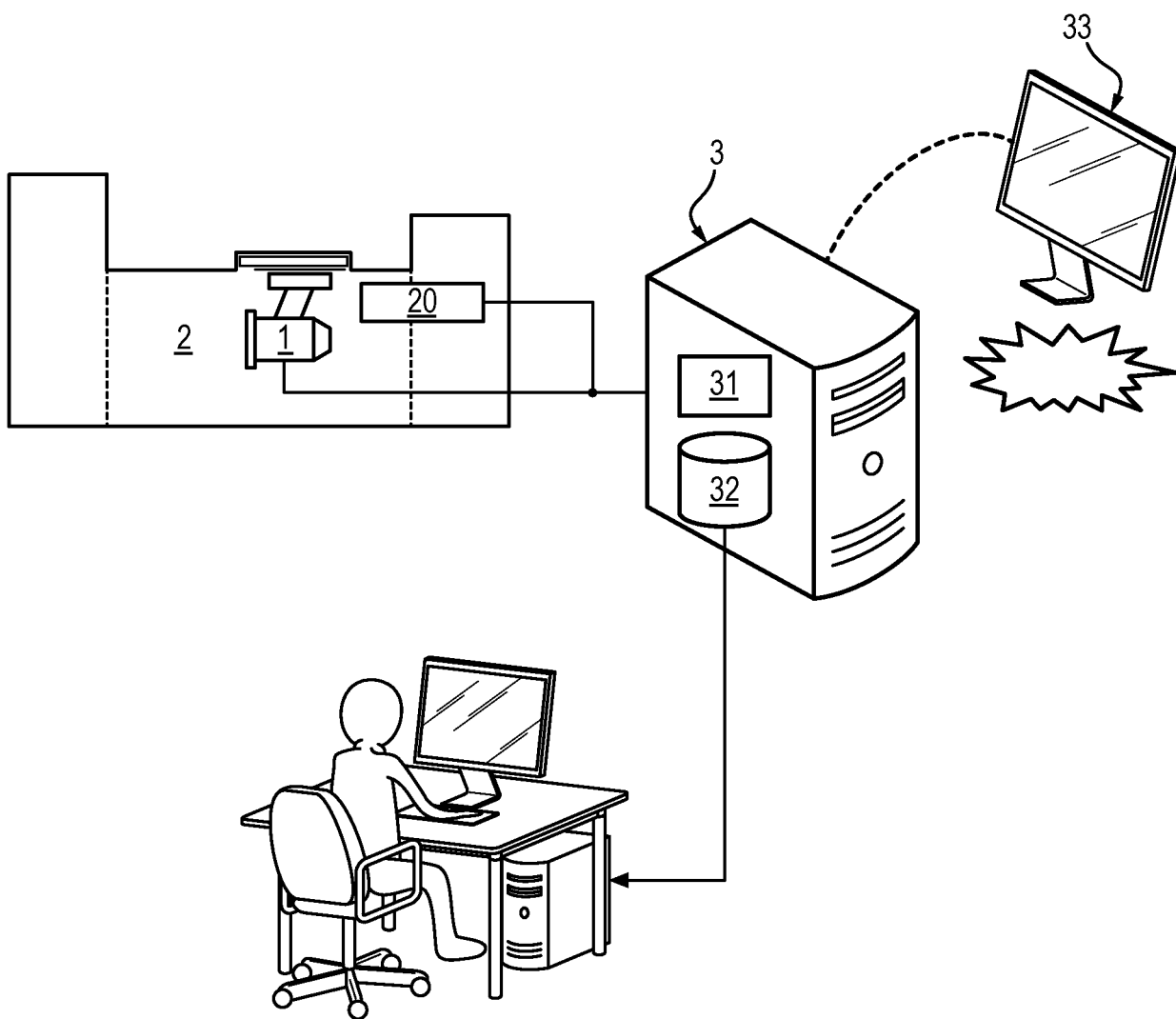
12. Système comprenant :

- 25 - un banc d'essai (2) comprenant un capteur (20) et adapté pour recevoir un moteur (1) d'aéronef ;
- un équipement (3) selon l'une des revendications 10 et 11 d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur (y_{exec}) mesurée par le capteur (20) d'un paramètre physique dudit moteur (1)
- 30 d'aéronef pour une valeur (x_{exec}) d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur (1).

5 **13.** Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code pour l'exécution d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 9 d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur y_{exec} mesurée par un capteur (20) d'un paramètre physique d'un moteur (1) d'aéronef pour une valeur x_{exec} d'un paramètre de fonctionnement dudit moteur (1).

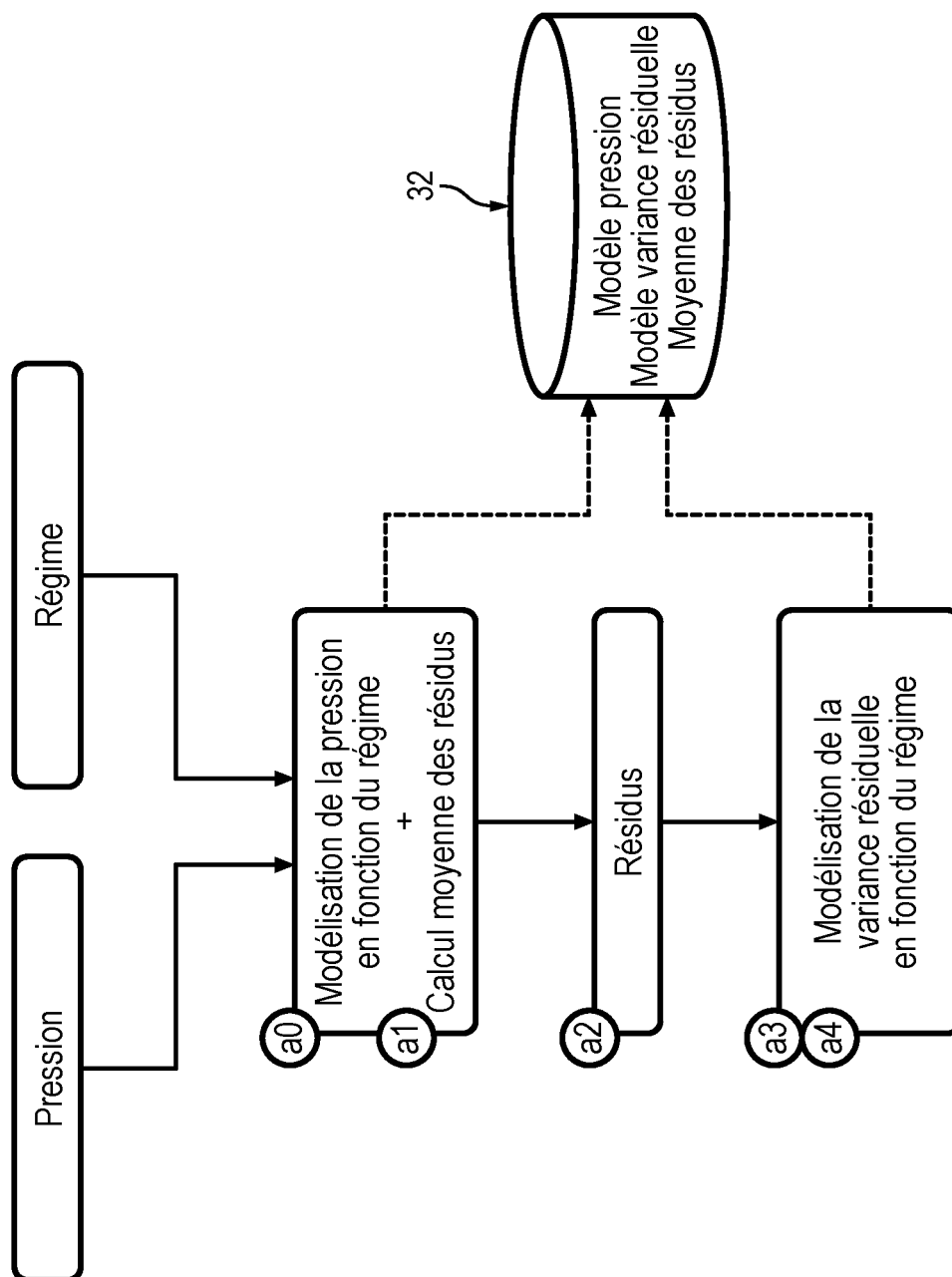
10 **14.** Moyen de stockage lisible par un équipement informatique sur lequel un produit programme d'ordinateur comprend des instructions de code pour l'exécution d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 9 d'estimation du caractère normal ou non d'une valeur y_{exec} mesurée par un capteur (20) d'un paramètre physique d'un moteur (1) d'aéronef pour une valeur x_{exec} d'un paramètre de fonctionnement dudit
15 moteur (1).

FIG. 1



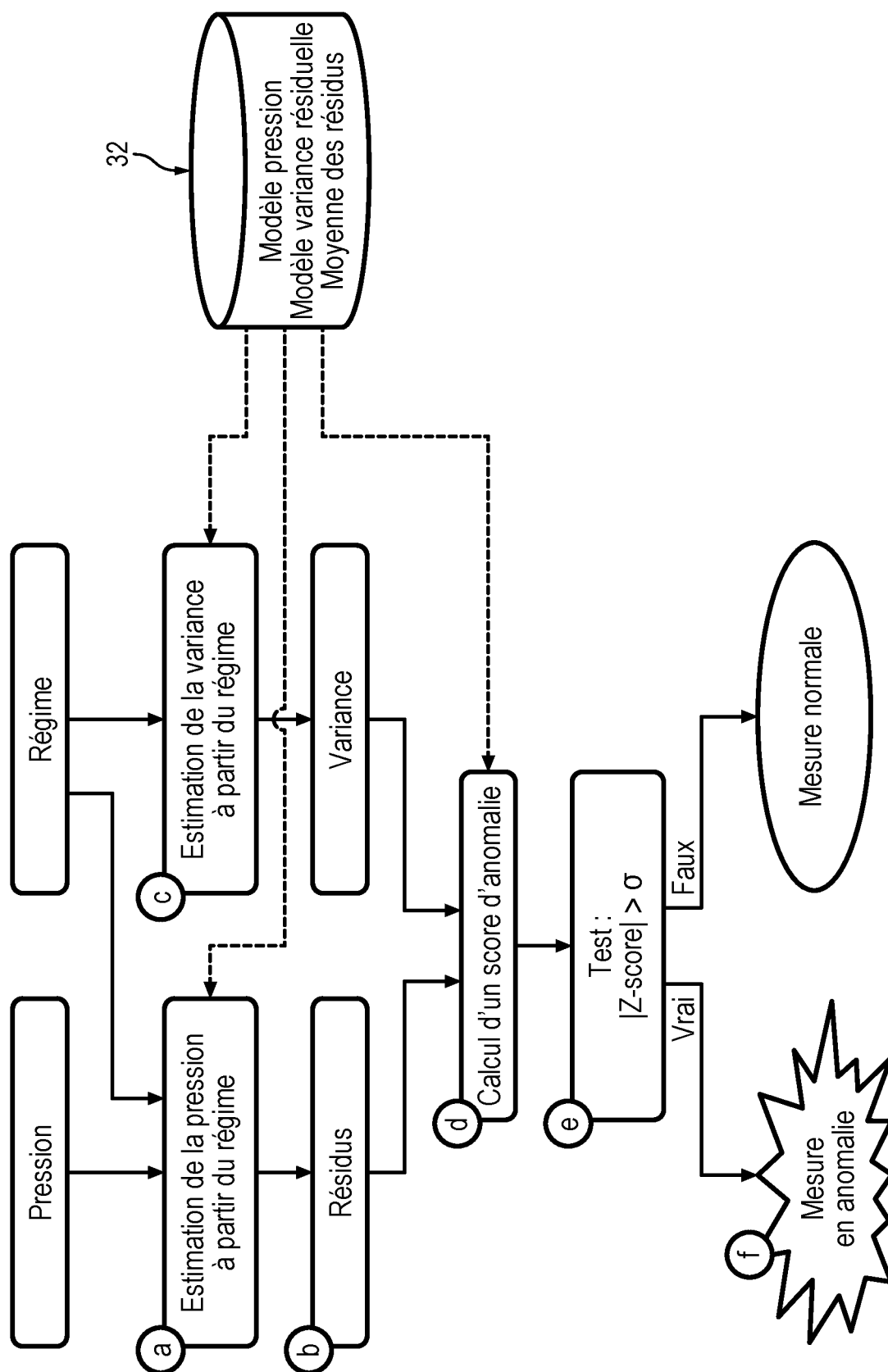
2/9

FIG. 2a



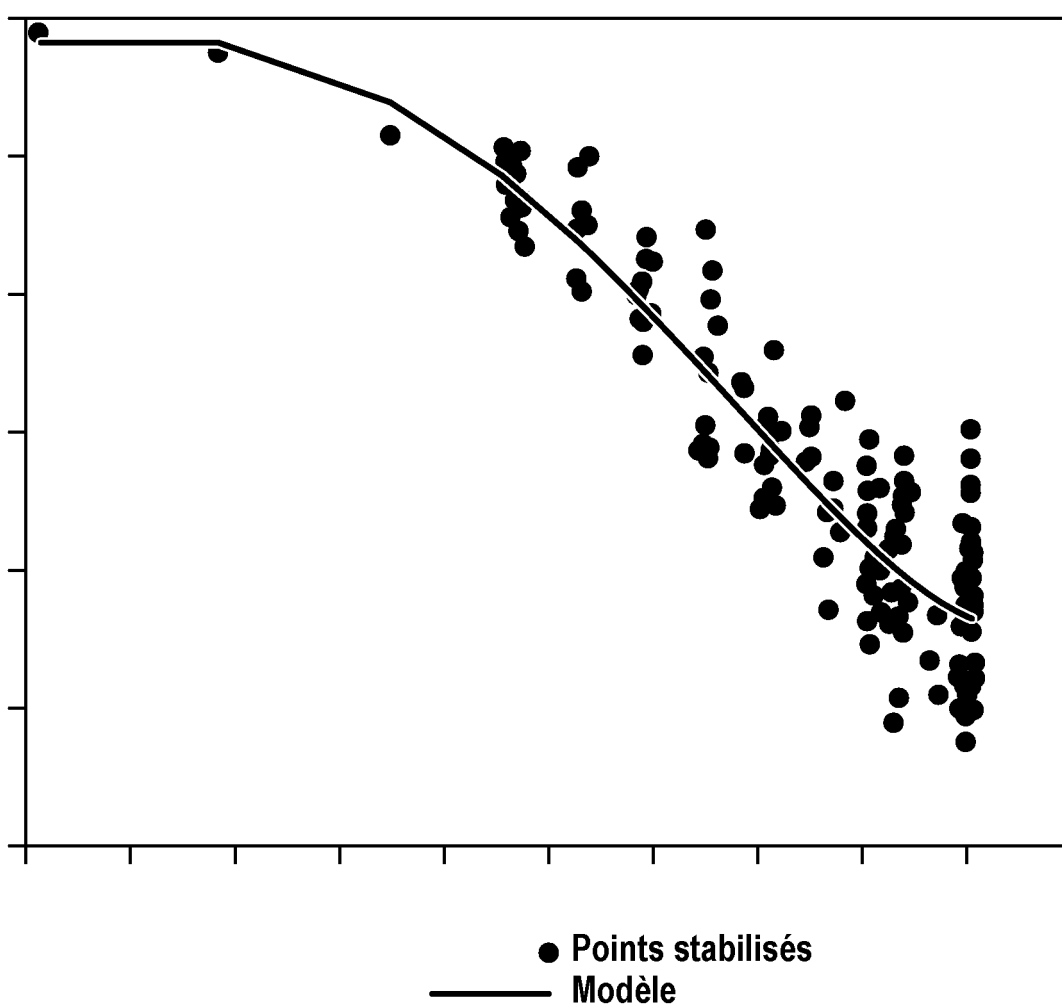
3/9

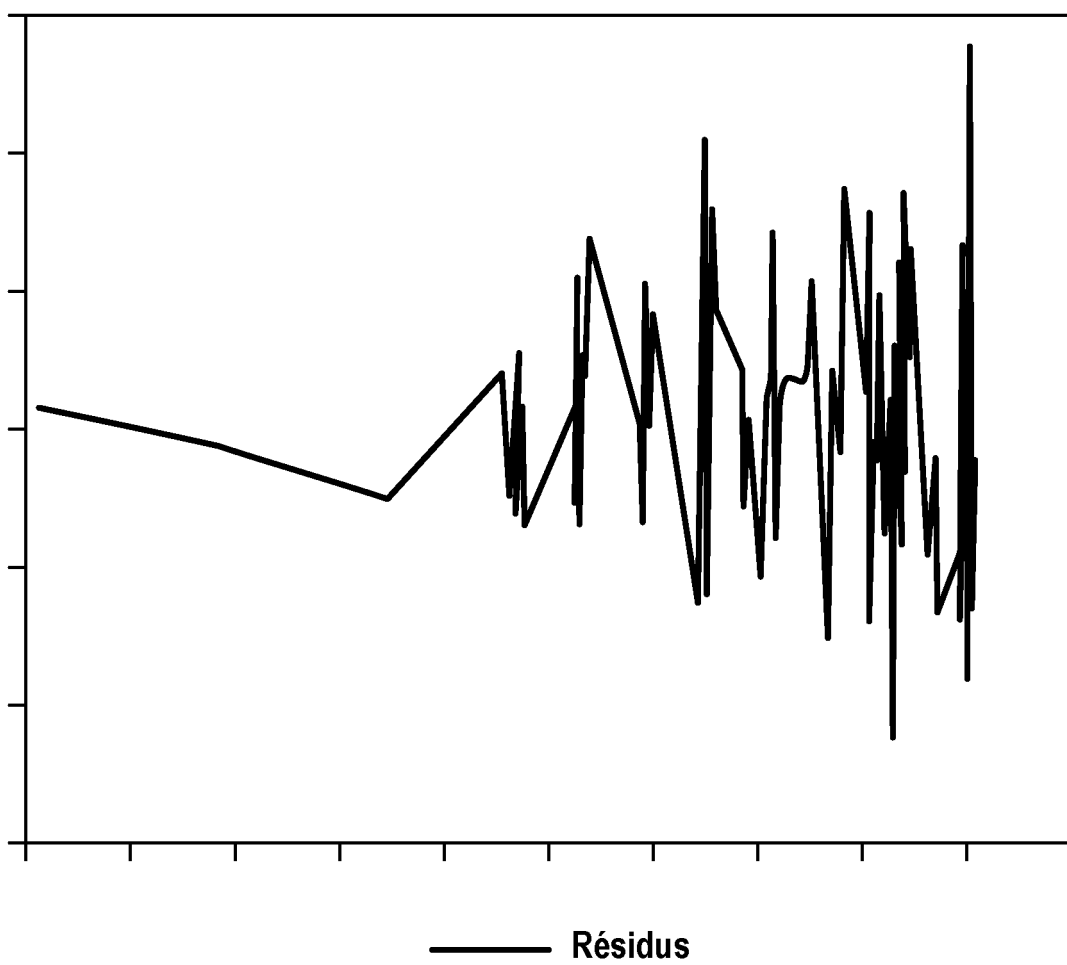
FIG. 2b



4/9

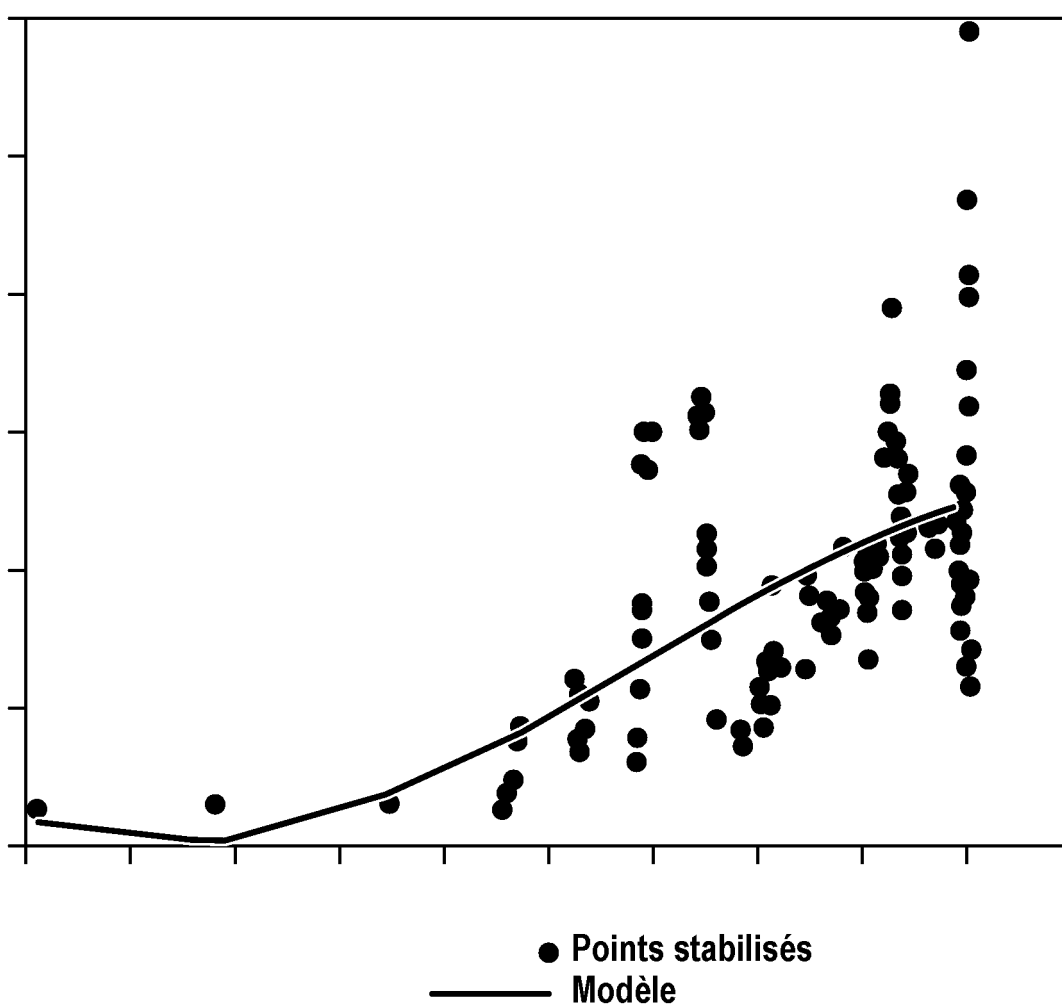
FIG. 3a



5/9**FIG. 3b**

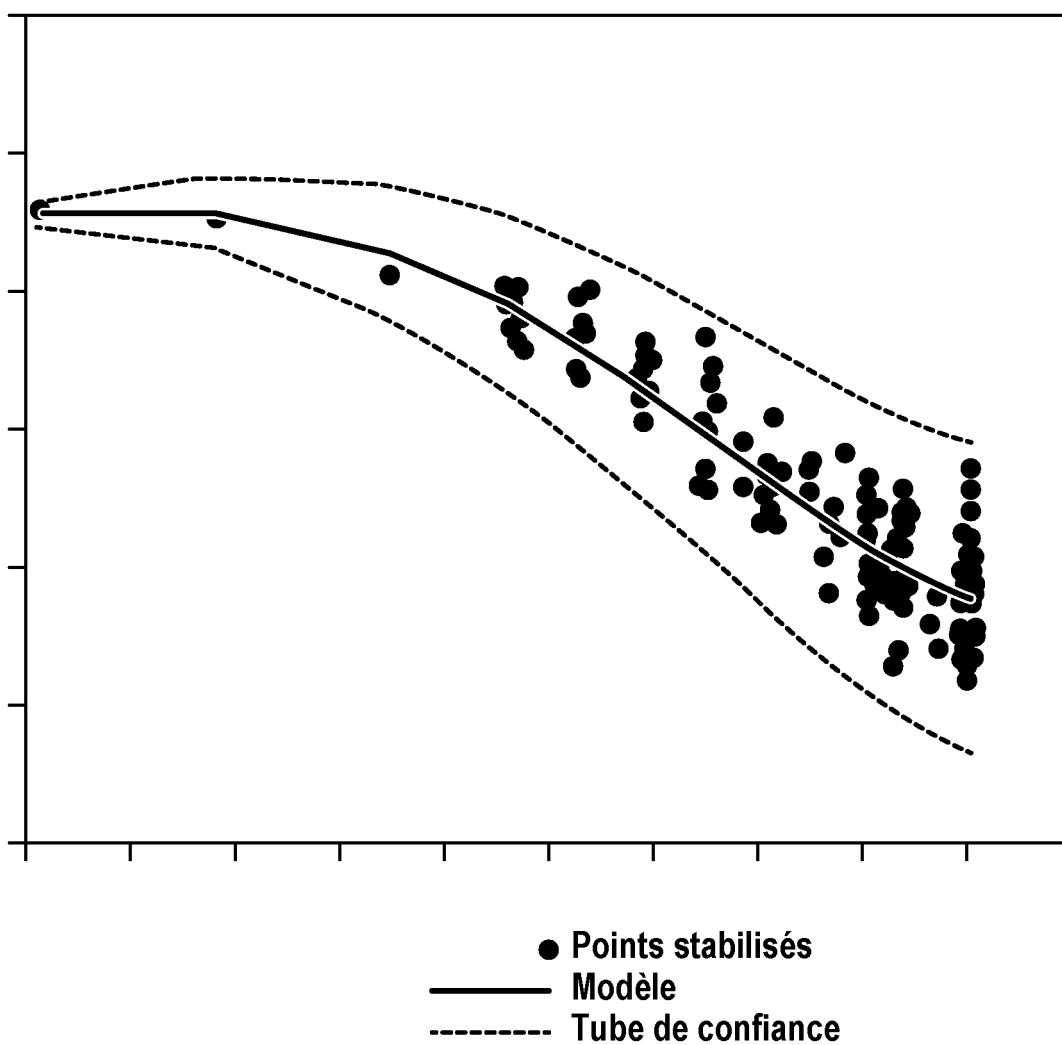
6/9

FIG. 3c



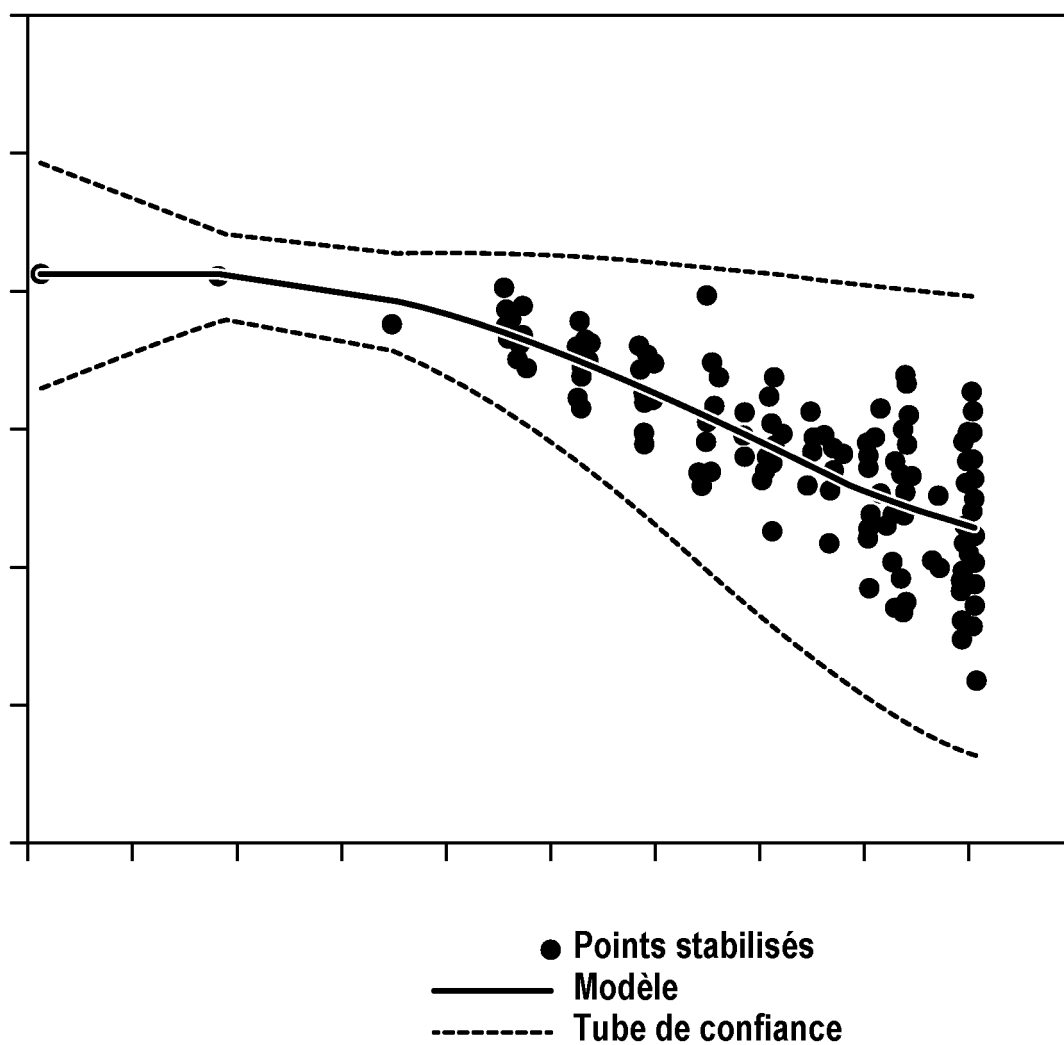
7/9

FIG. 3d



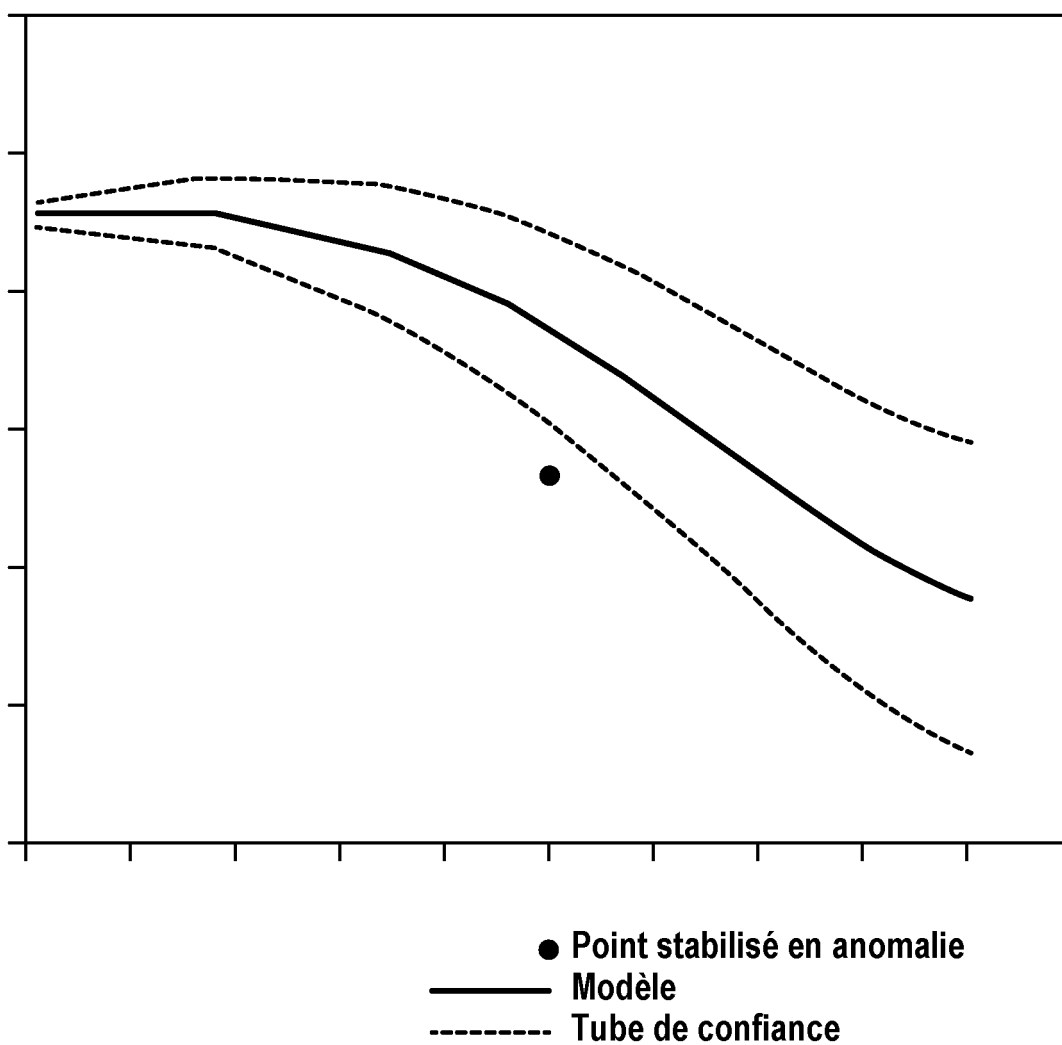
8/9

FIG. 3e



9/9

FIG. 3f





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 793338
FR 1452650

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 2 983 528 A1 (SNECMA [FR]) 7 juin 2013 (2013-06-07) * abrégé; figure 1 * * page 1, ligne 31 - page 3, ligne 40 * * page 4, ligne 23-24 * * page 5, ligne 19-30 * * page 12, ligne 19 - page 13, ligne 5 * -----	1-14	G01M15/14 G05B23/02
A	US 2005/049832 A1 (GORINEVSKY DIMITRY [US]) 3 mars 2005 (2005-03-03) * abrégé; figures 1-3,5,7,8,13 * * alinéas [0002], [0007], [0024], [0027], [0029], [0033], [0034], [0041], [0042], [0083] * -----	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 novembre 2014		Mihai Vasile	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1452650 FA 793338**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **21-11-2014**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2983528	A1	07-06-2013	FR 2983528 A1	07-06-2013
			US 2013179097 A1	11-07-2013

US 2005049832	A1	03-03-2005	AUCUN	
