

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 075 417

21 N° d'enregistrement national : 17 62455

51 Int Cl<sup>8</sup> : G 06 F 17/18 (2018.01), G 06 F 16/00, G 08 G 5/00

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 19.12.17.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 21.06.19 Bulletin 19/25.

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 Demendeur(s) : SAFETY LINE Société par actions simplifiée — FR et AEROPORTS DE PARIS Société anonyme — FR.

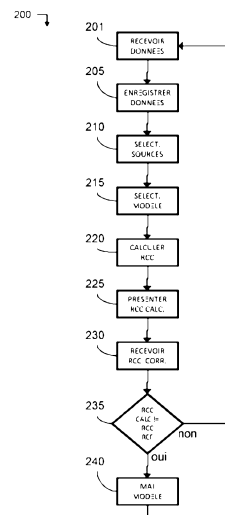
72 Inventeur(s) : ANDRIEU CINDIE, TEKKAL KARIM, VELLOU NOEMIE et LANDFRIED BLANDINE.

73 Titulaire(s) : SAFETY LINE Société par actions simplifiée, AEROPORTS DE PARIS Société anonyme.

74 Mandataire(s) : LE GUEN & ASSOCIES Société civile professionnelle.

54 PROCEDE D'ESTIMATION DE L'ETAT DE SURFACE D'UNE PISTE D'UN AERODROME.

57 Procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste, le procédé étant exécuté par un dispositif électronique connecté à une pluralité de sources pouvant émettre un message comprenant une donnée d'information, le procédé comprenant les étapes de recevoir, d'une source, au moins un message comprenant une donnée d'information, l'enregistrer dans une base de données en association avec la source, sélectionner la source et possiblement au moins une autre source parmi la pluralité de sources présentes dans la base de données en fonction des données d'informations enregistrées en association avec chaque source, sélectionner un modèle statistique d'estimation de l'état de surface, parmi une pluralité de modèles statistiques prédéterminés, chaque modèle statistique étant associé à une combinaison de sources, en fonction des sources sélectionnées et calculer une valeur d'un paramètre représentatif de l'état de la surface en fonction du modèle statistique sélectionné et des données d'informations enregistrées dans la base de données.



FR 3 075 417 - A1



5           La présente invention concerne le domaine de l'aéronautique, et plus particulièrement celui de l'estimation de l'état de surface d'une piste, ou d'une portion de la piste, d'un aéroport.

          Il est important de disposer d'informations sur l'état des pistes d'un aéroport, en particulier afin de détecter d'éventuelles dégradations qui pourraient perturber un  
10 atterrissage ou un décollage d'un aéronef sur une piste. L'état d'une piste peut varier selon les conditions météorologiques (neige, verglas, pluie, ...) ou la présence d'un contaminant sur une piste (huile, liquide de frein, ...). L'état de la piste peut varier suivant la portion considérée de la piste. Typiquement, une piste est divisée en trois portions, une portion pour chaque extrémité et une portion centrale.

15           L'état de surface d'une piste d'aéroport est déterminé à l'aide d'un appareil de mesure de l'adhérence tel qu'un « Instrument de Mesure Automatique de Glissance » (ci-après IMAG), lequel peut prendre la forme d'une remorque, comprenant une roue de mesure, attelée à un véhicule. L'IMAG permet de déterminer, pour une piste ou une portion de piste, un coefficient de frottement longitudinal (ou glissance), lequel est un  
20 paramètre représentatif de l'état de la piste ou de la portion de piste. L'IMAG est un instrument permettant de déterminer de manière fiable un paramètre représentatif de l'état d'une piste. Toutefois, l'utilisation d'un IMAG sur une piste nécessite de fermer ladite piste durant le temps de détermination du paramètre représentatif de l'état de la piste. La fermeture d'une piste est très coûteuse en termes d'exploitation pour un  
25 aéroport. Il est donc nécessaire opérationnellement et financièrement de procéder à une détermination de l'état d'une piste en utilisant un IMAG de façon la plus judicieuse possible.

          A défaut de pouvoir utiliser un IMAG, il est possible de procéder à une estimation du paramètre représentatif de l'état d'une piste à partir d'une source de données  
30 d'information, telle que par exemple un aéronef utilisant la piste (données avion, notamment celles liées au freinage de l'aéronef) ou bien un, ou plusieurs, radars suivant une trajectoire d'un aéronef utilisant la piste.

          Ainsi, la demande internationale de brevet WO2015134898 publiée le 11 septembre 2015 divulgue un procédé permettant une estimation de l'état d'une piste  
35 d'un aéroport à partir de données d'information issues d'un aéronef lors d'un

atterrissage. Ledit procédé utilise des données d'information issues d'un aéronef, telles que la pression des freins, la décélération ou l'anti-dérapage (« *anti-skid* » en anglais), afin d'estimer un état d'une piste.

De même, le brevet européen EP2554443 délivré le 26 février 2014 divulgue un procédé permettant d'estimer un état d'une piste d'un aéroport à partir de données d'information issues d'un aéronef pendant une phase de roulage de l'aéronef sur ladite piste.

De même, la demande internationale de brevet WO2016096757 publiée le 23 juin 2016 divulgue un procédé permettant d'estimer la glissance d'une piste d'un aéroport à partir de données d'information issues d'au moins un radar.

De plus, de nouvelles normes internationales demandent aux exploitants d'aéroports de pouvoir transmettre en temps réel un paramètre représentatif de l'état d'une piste d'un aéroport. Ces nouvelles normes imposent que ledit paramètre doit :

- être fiable,
- être mis à jour régulièrement,
- ne pas nécessiter une fermeture de la piste pour être déterminé,
- permettre d'optimiser le traitement des pistes en cas de conditions dégradées,
- permettre de donner une information utile aux pilotes d'aéronefs utilisant la piste.

Les solutions présentées précédemment, reposant sur des données d'information issues d'un aéronef ou d'un radar, ne peuvent répondre aux contraintes des nouvelles normes. En effet, les solutions connues nécessitent qu'un aéronef atterrisse sur une piste afin de pouvoir obtenir alors une estimation de l'état de ladite piste. Il est à noter de plus que l'estimation de l'état de la piste est valable pour cette seule piste.

Il est donc nécessaire de proposer un procédé d'estimation de l'état de surface d'une piste d'un aéroport qui répond aux différentes contraintes des nouvelles normes.

L'invention concerne un procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste d'un aéroport, le procédé étant exécuté par un dispositif électronique connecté à une pluralité de sources d'information, chaque source d'information pouvant émettre un message comprenant au moins une donnée d'information, le procédé comprenant les étapes de :

- recevoir, en provenance d'une source d'information, au moins un message comprenant une donnée d'information,

- enregistrer dans une base de données ladite donnée d'information en association avec la source d'information,

5 - sélectionner la source d'information et possiblement au moins une autre source d'information parmi la pluralité de sources d'information présente dans la base de données en fonction des données d'informations enregistrées en association avec chaque source d'information,

10 - sélectionner un modèle statistique d'estimation de l'état de surface de la piste, parmi une pluralité de modèles statistiques prédéterminés, chaque modèle statistique étant associé à une combinaison de sources d'information, en fonction de la ou des sources d'informations sélectionnées,

- calculer une valeur d'un paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en fonction du modèle statistique sélectionné et de la ou des données d'informations enregistrées dans la base de données en association avec la ou les sources d'information sélectionnées.

15 Avantageusement, le procédé permet d'obtenir une estimation d'un état de surface d'une piste d'un aérodrome à partir d'une ou plusieurs sources de données, suivant la disponibilité de celles-ci. Ainsi, le procédé n'est pas dépendant du bon fonctionnement d'une seule source de données en particulier et permet de plus d'utiliser des modèles statistiques plus précis quand plusieurs sources de données sont disponibles.

20 Selon un mode de réalisation complémentaire de l'invention, le procédé comprend les étapes ultérieures de :

- enregistrer dans une base de données la valeur calculée du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en association avec les données d'informations des sources d'information sélectionnées,

25 - présenter la valeur calculée du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste à un utilisateur,

- recevoir un message comprenant une valeur, dite valeur corrigée, du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste,

et, si la valeur corrigée est différente de la valeur calculée, alors :

30 - enregistrer dans la base de données la valeur corrigée du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en association avec les données d'informations des sources d'information sélectionnées en remplacement de la valeur calculée, et,

- mettre à jour, en fonction de la base de données enrichie de la valeur corrigée, le modèle statistique sélectionné.

Avantageusement, le procédé d'estimation de l'état de surface d'une piste d'un aéroport permet un apprentissage automatique - ou apprentissage statistique - à partir de valeurs corrigées du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste. Les différents modèles statistiques se mettent ainsi à jour continuellement en fonction des valeurs corrigées entrées dans le système, ce qui améliore la précision des estimations fournies. Le procédé permet ainsi d'apprendre à partir de nouvelles données d'informations correspondant par exemple à une situation météorologique nouvelle.

Selon un mode de réalisation complémentaire de l'invention, la mise à jour du modèle statistique sélectionné n'est réalisée qu'après un nombre prédéterminé d'enregistrements dans la base de données de valeurs corrigées.

Avantageusement, la mise à jour n'est réalisée que lorsqu'un nombre suffisant de nouvelles valeurs corrigées est disponible. Ainsi, l'usage des ressources du système est optimisé.

Selon un mode de réalisation complémentaire de l'invention, le paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste pouvant prendre une valeur parmi une pluralité de valeurs possibles, l'étape de calculer une valeur d'un paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en fonction du modèle statistique sélectionné comprend les étapes de :

- calculer, pour chaque valeur possible du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste, une probabilité associée correspondant à la probabilité que la valeur de l'état de la surface de la piste soit égale à ladite valeur possible, en fonction du modèle statistique sélectionné et des données d'informations enregistrées dans la base de données en association avec les sources d'information sélectionnées,

- sélectionner comme valeur du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste la valeur possible pour laquelle la probabilité associée est la plus élevée.

Selon un mode de réalisation complémentaire de l'invention, l'étape de présenter la valeur du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste à un utilisateur du dispositif électronique comprend :

- afficher, pour chaque valeur possible du paramètre représentatif de l'état de la piste, la probabilité associée calculée.

Selon un mode de réalisation complémentaire de l'invention, la pluralité de valeurs possibles étant ordonnée, l'ordre ayant un sens sur la représentativité de l'état de la surface de la piste chaque modèle statistique est un modèle de régression logistique ordinaire.

L'invention concerne également un dispositif électronique adapté pour exécuter le procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste d'un aérodrome selon le procédé décrit dans le présent document.

5 L'invention concerne également un système permettant une estimation d'un état de surface d'une piste d'un aérodrome, le système comprenant le dispositif électronique précédent et une pluralité de sources d'information connectées audit dispositif électronique, chaque source d'information pouvant émettre un message comprenant au moins une donnée d'information.

10 L'invention concerne également un programme d'ordinateur, qui peut être stocké sur un support et/ou téléchargé d'un réseau de communication, afin d'être lu par un processeur d'un dispositif électronique. Ce programme d'ordinateur comprend des instructions pour implémenter tout ou partie des étapes du procédé d'estimation de l'état de surface d'une piste d'un aérodrome mentionné ci-dessous, lorsque ledit programme est exécuté par le processeur.

15 L'invention concerne également un medium de stockage d'informations ou support d'enregistrement comprenant un tel programme d'ordinateur.

Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints, parmi  
20 lesquels :

- la **Fig. 1** illustre schématiquement un système permettant une estimation d'un état de surface d'une piste d'un aérodrome, le système comprenant un dispositif électronique selon un mode de réalisation de l'invention et une pluralité de sources d'information connectées audit dispositif électronique,

25 - la **Fig. 2** illustre schématiquement un procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste d'un aérodrome selon un mode de réalisation de l'invention,

- la **Fig. 3** illustre schématiquement l'architecture matérielle d'un dispositif électronique adapté pour exécuter un procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste d'un aérodrome, selon un mode de réalisation de l'invention.

30 La **Fig. 1** illustre schématiquement un système 100 permettant une estimation d'un état de surface d'une piste d'un aérodrome, le système comprenant un dispositif électronique 110 selon un mode de réalisation de l'invention et une pluralité de sources d'information connectées audit dispositif électronique 110.

La Fig. 1 illustre schématiquement un aérodrome comprenant trois pistes désignées « Piste A », « Piste B » et « Piste C ». Le présent système peut être adapté suivant le nombre de pistes de l'aérodrome. Chaque piste A, B ou C peut servir pour l'atterrissage ou le décollage d'un aéronef. Chaque piste peut être caractérisée par la nature de sa chaussée (revêtement), un état de vieillissement de la chaussée, 5 possiblement associé à chaque portion de la chaussée, une orientation de la piste, une localisation de la piste, un ensoleillement de la piste, etc.

Chaque piste A, B et C de l'aérodrome peut comprendre des sondes C1, C2, C3 et C4 implantées dans la chaussée de la piste. La piste A comprend ainsi un ensemble 10 102A de quatre sondes C1, C2, C3 et C4. La piste B comprend un ensemble 102B de quatre sondes C1, C2, C3 et C4, et la piste C, un ensemble 102C de quatre sondes C1, C2, C3 et C4. Chaque sonde C1, C2, C3 et C4 peut rapporter un ou plusieurs paramètres physiques liés à la chaussée de la piste dans laquelle elle est implantée. Une sonde C1, C2, C3 ou C4 peut rapporter une température de la chaussée, un point de congélation, 15 une nature et une hauteur d'un contaminant présent sur la chaussée, etc. Chaque piste peut comprendre un nombre variable de sondes implantées, le positionnement de chaque sonde dans la chaussée pouvant être différent.

Le système 100 peut comprendre des capteurs météorologiques 105A, 105B et 105C. Les capteurs météorologiques 105A et 105C sont par exemple installés 20 respectivement près de la piste A et près de la piste C ; le capteur météorologique 105B est par exemple un capteur météorologique installé dans une tour de contrôle (non représentée). Chaque capteur météorologique peut mesurer une température de l'air ambiant, une vitesse de vent, une température de point de rosée, une pression atmosphérique, un ensoleillement, etc. Le nombre de capteurs météorologiques, et leur 25 nature, n'est pas limité et peut varier.

Le système 100 peut comprendre un radar 101 (« *RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging » en anglais). Le radar 101 peut déterminer la position et la vitesse d'un aéronef présent sur l'aérodrome. Le système 100 peut comprendre une pluralité de radars. Un radar peut par exemple être installé à proximité d'une piste.

Le système 100 peut comprendre un serveur 120 permettant la consultation des 30 rapports de pilote (« *P*ilot *R*eports » en anglais, ci-après PIREP). Un PIREP est un bulletin émis par un pilote d'un aéronef, en vol ou au sol, rapportant des conditions météorologiques rencontrées en vol, lors du décollage ou lors d'un atterrissage. Un PIREP est généralement émis par un pilote en langage clair à destination d'un contrôleur

aérien, le contrôleur aérien saisissant ensuite ledit PIREP dans une base de données afin que le PIREP soit enregistré et accessible à d'autres utilisateurs ou applicatifs, par exemple via le serveur 120.

5 Le système 100 peut comprendre une base de données 130 comprenant des données dites « aéronef ». Ces données sont issues par exemple des enregistreurs de vol d'un aéronef. Ces données peuvent être collectées puis enregistrées dans la base de données 130 après chaque atterrissage d'un aéronef. Ces données peuvent possiblement être collectées en temps réel, un aéronef pouvant émettre, ponctuellement ou de façon continue, des données relatives au vol, à un décollage ou à un atterrissage.

10 Chaque sonde C1, C2, C3 et C4 de chaque ensemble 102A, 102B et 102C est une source d'information pour le système 100. De même, chaque capteur météorologique 105A, 105B et 105C est une source d'information. Le radar 101, le serveur 120 et la base de données 130 sont aussi des sources d'information pour le système 100. Le système 100 peut comprendre d'autres capteurs ou sondes non représentés dans la Fig.  
15 1, lesquels peuvent être d'autres sources d'informations pour le système 100.

Chaque source d'information est connectée, directement ou via un dispositif non représenté, à un dispositif électronique 110 adapté pour exécuter un procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste, par exemple la piste A, B ou C, de l'aérodrome. La connexion entre chaque source d'information et le dispositif  
20 électronique 110 peut se faire suivant une technologie connue de l'homme du métier (connexion point à point entre une source d'information et le dispositif électronique 110, connexion à un même réseau informatique, connexion filaire, connexion sans fil, ...). Chaque source d'information peut émettre un message comprenant des données d'information à destination du dispositif électronique 110. Une donnée d'information  
25 représente une mesure d'un paramètre déterminé par la source d'information considérée. Si la source d'information est une sonde C1, C2, C3 ou C4, une donnée d'information peut être une température de la chaussée, un point de congélation, une nature et une hauteur d'un contaminant présent sur la chaussée, etc. Si la source d'information est un capteur météorologique, une donnée d'information peut être une  
30 température de l'air ambiant, une vitesse d'un vent, une température de point de rosée, une pression atmosphérique, un ensoleillement, etc. Si la source d'information est un radar, une donnée d'information peut être une position ou une vitesse d'un aéronef.

La base de données 130 est connectée au dispositif électronique 110. La base de données 130 peut émettre vers le dispositif électronique 110 un message comprenant de

nouvelles données reçues. Le dispositif électronique 110 peut, possiblement périodiquement ou à la demande, émettre un message vers la base de données 130 afin de récupérer les dernières données « aéronefs » reçues et enregistrées dans la base de données 130. De même, le serveur 120 est connecté au dispositif électronique 110. Le serveur 120 peut émettre vers le dispositif électronique 110 un message comprenant un nouveau PIREP reçu. Le dispositif électronique 110 peut, possiblement périodiquement ou à la demande, émettre un message vers le serveur 120 afin de récupérer le ou les derniers PIREP reçus et enregistrés par le serveur 120.

Le dispositif électronique 110 est adapté pour exécuter un procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste d'un aéroport en utilisant les données d'information issues d'une ou plusieurs sources d'information précédemment décrites (ou d'autres source d'information), et ce de façon dynamique. Un état de surface d'une piste peut être décrit par un paramètre représentatif de l'état de surface de la piste. Possiblement, ledit paramètre peut prendre une valeur parmi une pluralité de valeurs possibles. Possiblement, les valeurs possibles sont ordonnées, l'ordre ayant alors une signification pour l'état de la piste. Ainsi, selon un mode de réalisation de l'invention, le paramètre représentatif de l'état d'une piste peut prendre une valeur parmi sept valeurs possibles : 0, 1, 2, 3, 4, 5 et 6. Chaque valeur a une signification pour l'état de la piste : 6 pour « Sec » (« *Dry* » en anglais), 5 pour « Bon » (« *Good* » en anglais), 4 pour « Bon à Moyen » (« *Good to Medium* » en anglais), 3 pour « Moyen » (« *medium* » en anglais), 2 pour « Moyen à Faible » (« *Medium to Poor* » en anglais), 1 pour « Faible » (« *Poor* » en anglais) et 0 pour « Nul » (« *Nil* » en anglais). Selon ce mode de réalisation, le paramètre représentatif d'un état d'une piste est appelé « Code de Condition de Piste » (« *Runway Condition Code* » en anglais, ci-après RCC). Un RCC de zéro pour une piste correspond à une glissance maximale, l'adhérence de la piste étant nulle (par ex. une piste verglacée). Inversement, un RCC de six correspond à une piste de glissance minimale, ou d'adhérence maximale pour la piste (piste sèche, aucun contaminant).

La **Fig. 2** illustre schématiquement un procédé 200 d'estimation d'un état de surface d'une piste A, B ou C d'un aéroport selon un mode de réalisation de l'invention. Le procédé est exécuté par le dispositif électronique 110. Le dispositif électronique 110 est connecté à une pluralité de sources d'information, par exemple des sondes C1, C2, C3 ou C4 des ensembles 102A, 102B ou 102C, des capteurs météorologiques 105A, 105B ou 105C, un radar 101, un serveur 120 et/ou une base de données 130. Chaque source d'information peut émettre un message comprenant des

données d'information à destination du dispositif électronique 110. Possiblement, ledit message est émis par chaque source d'information de façon automatique, ponctuellement ou périodiquement, ou sur requête du dispositif électronique 110. Une source de données peut émettre périodiquement des données d'information à destination  
5 du dispositif électronique 110. Alternativement ou de façon complémentaire, une source de données peut émettre ponctuellement des données d'information à destination du dispositif électronique 110.

Selon un mode de réalisation de l'invention, chaque donnée d'information reçue par le dispositif électronique est associée à un horodatage. Préférentiellement,  
10 l'horodatage est associé à la donnée d'information par la source d'information ayant collecté la donnée d'information. L'horodatage correspond alors préférentiellement au moment de collecte de la donnée d'information (par ex. moment d'une mesure par un capteur). A défaut, l'horodatage peut être associé à la donnée d'information par le dispositif électronique 110, l'horodatage pouvant correspondre au moment de réception  
15 du message comprenant la donnée d'information.

Selon le mode de réalisation de l'invention, le dispositif électronique 110 associe à chaque donnée d'information reçu un délai prédéterminé, le délai correspondant à un temps de disponibilité de la donnée d'information. Le délai prédéterminé peut varier en fonction de la source de données considérée. Alternativement, le délai ou temps de  
20 disponibilité est directement défini et associé par la source d'information émettrice du message. Ainsi, un capteur météorologique émettant des données d'information périodiquement, par exemple toutes les cinq secondes, peut se voir associer un délai ou temps de disponibilité typiquement de cinq à dix secondes. Au-delà du délai ou temps de disponibilité, décompté à partir de l'horodatage, une donnée d'information peut être  
25 considérée non disponible. Dit autrement, un temps d'expiration ou de validité peut être associé à une donnée d'information.

Selon un mode de réalisation alternatif de l'invention, l'horodatage associé à chaque donnée d'information correspond à la fin du temps de disponibilité de la donnée d'information. Ainsi, chaque source de données peut directement indiquer quand la  
30 donnée d'information expire grâce à l'horodatage. Dit autrement, la durée de validité d'une donnée d'information peut être indiquée par l'horodatage associé par la source d'information.

Le procédé 200 est exécuté par le dispositif électronique 110 et, selon un mode de réalisation, comprend les étapes décrites ci-après. Le procédé 200 décrit ci-après est

réalisé par le dispositif électronique 200 possiblement pour chaque piste A, B et C en parallèle, ou pour chaque portion de ces pistes A, B et C. Dit autrement, le dispositif électronique 110 exécute une occurrence du procédé 200 par piste, c'est à dire que le procédé permet d'estimer un état de surface d'une piste en particulier. Si différents  
 5 procédés sont réalisés en parallèle, le dispositif électronique 110 peut toutefois enregistrer et partager dans une même base de données les données d'informations reçues. Une valeur de RCC par piste sera toutefois déterminée et enregistrée dans la base de données.

Le procédé 200 décrit ci-après est un procédé d'apprentissage supervisé (ou dit  
 10 aussi apprentissage automatique ou apprentissage statistique) permettant d'estimer un état de surface d'une piste à partir de données étiquetées (« *training dataset* » en anglais) enregistrées dans une base de données. La base de données est enrichie en permanence par les données d'information provenant des sources d'information connectées au dispositif électronique 110 et par possiblement un utilisateur du système  
 15 corrigeant le système en fournissant des valeurs de RCC considérées comme étant des valeurs de références. Les données d'informations sont ici étiquetées avec une valeur de RCC. Les modèles statistiques utilisés permettent d'estimer une valeur d'un RCC pour de nouvelles données d'informations non étiquetées à partir des données étiquetées, ces modèles statistiques étant mis à jour particulièrement lorsqu'un  
 20 utilisateur du système corrige une valeur d'un RCC déterminé automatiquement en entrant une valeur « correcte » du RCC. Dit autrement, un expert – c'est-à-dire un utilisateur du système- peut corriger une estimation donnée par le système, le système pouvant alors mettre à jour les modèles statistiques pour « apprendre » de cette correction.

25 Classiquement, un procédé d'apprentissage automatique comprend deux phases :  
 - une phase proprement dite d'apprentissage, pendant laquelle des modèles de données sont déterminés à partir de données d'informations étiquetées,  
 - une deuxième phase, dite de prédiction, consiste à prédire une étiquette - ici un RCC - pour un jeu de données non étiquetées.

30 Le procédé d'apprentissage 200 décrit dans le présent document améliore le procédé classique d'apprentissage en permettant un enrichissement de la base de données étiquetées et une mise à jour automatique des modèles de données à partir de la base de données enrichies.

Idéalement, la base de données est préalablement constituée d'un historique de mesures correspondant à une pluralité de sources d'information, une valeur de RCC étant connue pour ces mesures, on parle alors de base de données d'apprentissage. Sans cette base de données préalablement constituée, le procédé est toutefois capable, par auto-apprentissage, de constituer une base de données étiquetées à partir des données reçues – et corrigées - et d'adapter les modèles statistiques utilisés pour déterminer une valeur de RCC.

Dans une première étape 201, le dispositif électronique 110 reçoit, en provenance d'une source d'information, au moins un message comprenant une donnée d'informations. Il est essentiel que le dispositif électronique 110 dispose *a minima* d'une donnée d'information en provenance d'une source d'information pour pouvoir procéder à une estimation d'un état de surface d'une piste.

Dans une étape suivante 205, le dispositif électronique 110 enregistre la ou les données d'information reçues dans une base de données. La base de données est possiblement comprise dans le dispositif électronique 110 ou bien connectée au dispositif électronique 110. Possiblement, un horodatage de la ou des données d'information est réalisé. Possiblement, un délai ou temps de disponibilité est associé à la ou les données d'information enregistrées. L'enregistrement est fait en association avec la source d'information à l'origine de la ou des données d'information. Dit autrement, le dispositif électronique 110 sauvegarde dans une base de données les données d'information reçues lors de l'étape précédente, les données d'information étant associées à la source d'information émettrice et étant possiblement associées à un délai d'expiration. Passé le délai d'expiration (ou « de validité », ou « de disponibilité »), une donnée d'information reste enregistrée dans la base de données, mais n'est plus forcément utilisée pour estimer un état de surface d'une piste. Le délai de disponibilité d'une donnée d'information dépend de la source d'information, voire de chaque donnée d'information. Le délai peut être relativement long pour une donnée d'information variant lentement au cours du temps (par exemple une température mesurée, un enneigement) et inversement comparativement court pour une donnée d'information évoluant rapidement au cours du temps (position d'un aéronef).

Dans une étape suivante 210, le dispositif électronique 110 sélectionne la source d'information et possiblement au moins une autre source d'information parmi la pluralité de sources d'information présente dans la base de données en fonction des données d'informations enregistrées en association avec chaque source d'information.

Possiblement, le dispositif électronique 110 sélectionne une source d'information uniquement si des données d'information disponibles sont enregistrées dans la base de données en association avec ladite source d'information. Dit autrement, une source d'information est sélectionnée si des données d'informations sont enregistrées dans la base de données en association avec ladite source d'information et si ces données ne sont pas expirées, ou, dit encore autrement, si ces données sont disponibles. Une donnée d'information est disponible si le délai (ou temps de disponibilité) n'est pas dépassé.

Selon un mode de réalisation complémentaire de l'invention, le dispositif électronique 110 peut sélectionner, parmi les sources d'information avec des données d'informations disponibles, certaines sources d'informations préalablement associées à la piste dont il faut estimer l'état de surface. Dit autrement, le dispositif électronique 110 peut éliminer certaines sources d'informations non associées à ladite piste. L'intérêt de procéder ainsi est d'éviter d'avoir trop de sources d'informations et donc de simplifier les modèles statistiques utilisés ensuite. Il est ainsi plus simple d'utiliser une seule source de données donnant une température d'une piste : dans ce cas précis le dispositif électronique 110 sélectionnera un capteur de température associé à la piste à estimer, et ne sélectionnera pas de capteurs de température associés aux autres pistes.

Selon un mode de réalisation complémentaire de l'invention, le dispositif électronique 110 peut pondérer une ou plusieurs sources d'information. Ainsi, par exemple, en cas de défaillance ou d'absence de la sonde C4 de l'ensemble de sondes 102A installé près de la piste A, le dispositif électronique 110 peut déterminer des données d'information en remplacement de cette sonde C4 défaillante ou absente à partir des données d'information issues de la sonde C3 de l'ensemble de sondes 102A de la piste A, la plus proche de la sonde C4, mais aussi possiblement à partir des sondes C3 et C4 de l'ensemble de sondes 102B de la piste B, qui elles aussi sont proches. Le dispositif électronique 110 peut ainsi déterminer que des données d'information de remplacement pour cette sonde C4 défaillante ou absente correspondent à une pondération de données d'informations issues, par exemple, de la sonde C3 de l'ensemble 102A (c'est-à-dire de la piste A) et de la sonde C4 de l'ensemble 102B (c'est-à-dire de la piste B). Par exemple, en considérant que la sonde C3 de la piste A est plus proche de la sonde C4 de cette même piste que la sonde C4 de la piste B, le dispositif électronique 110 peut utiliser comme pondération 80% pour les données d'information issues de la sonde C3 de la piste A et 20 % pour celles issues de la sonde C4 de la piste B. Le dispositif électronique 110 peut ainsi déterminer de nouvelles

données d'information de cette pondération. Concrètement, pour cet exemple, la sonde C3 de la piste A donnant une température de 25°C et la sonde C4 de la piste B une température de 22°C, le dispositif électronique 110 déterminerait une température, fictive, de 24.6°C pour la sonde C4 de la piste A défaillante ou absente.

5            Selon un mode de réalisation complémentaire de l'invention, cette étape de sélection des sources d'informations peut comprendre une étape de nettoyage des données d'information. Dit autrement, les données d'information incohérente, non fiable ou considérée comme fausse sont éliminées. Possiblement, une donnée d'information supprimée peut être remplacée par une pondération d'autres données  
10            comme vu précédemment.

          Ainsi, le dispositif électronique 110 sélectionne lors de cette étape 210 des sources d'information pour lesquelles une ou des données d'information sont enregistrées dans la base de données, ces données étant considérées comme disponibles pour procéder à l'estimation d'un état de la surface d'une piste.

15            Dans une étape suivante 215, le dispositif électronique 110 sélectionne un modèle statistique d'estimation de l'état de surface de la piste, parmi une pluralité de modèles statistiques prédéterminés, chaque modèle statistique étant associé à une combinaison de sources d'information, en fonction des sources d'informations sélectionnées. La pluralité des modèles statistiques sont possiblement enregistrés dans la base de données  
20            ou dans une autre base de données dédiées. Ainsi, selon les sources d'information disponibles, un modèle statistique est utilisé. Le système peut donc s'adapter à la disponibilité des sources. En effet, le système peut procéder à une estimation selon les sources disponibles à un moment donné et ne dépend donc pas de la disponibilité d'une source d'information particulière, ce qui offre une résilience au système.

25            Dans une étape suivante 220, le dispositif électronique 110 calcule une valeur d'un paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en fonction du modèle statistique sélectionné dans l'étape précédente et de la ou des données d'informations enregistrées dans la base de données en association avec la ou les sources d'information sélectionnées. Possiblement, cette valeur calculée est enregistrée dans une base de  
30            données en association avec les données d'informations des sources d'information sélectionnées pour le calcul. Le dispositif électronique 110 garde ainsi un historique des RCC calculés.

          Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, le paramètre représentatif de l'état d'une piste est le paramètre RCC précédemment présenté et chaque modèle

statistique est un modèle de régression logistique ordinaire. Plus généralement, chaque modèle statistique peut être estimé par une méthode de régression ou de classification supervisée. Un vecteur  $X$ , dit vecteur d'observation, est défini. Ce vecteur d'observation  $X$  comprend les données d'information correspondant aux sources d'informations sélectionnées, possiblement les données d'informations disponibles. Une variable  $Y$  que l'on cherche à prédire correspond au RCC représentatif de l'état de la piste. Ainsi, les probabilités pour chaque catégorie  $j$  correspondant aux différentes valeurs possibles du RCC (entier entre 0 et 6) vérifient l'équation suivante :

$$P(RCC \leq j) = \frac{\exp(\alpha_j + \beta'X)}{1 + \exp(\alpha_j + \beta'X)}$$

Avec :

- « RCC » valeur du paramètre représentatif de l'état d'une piste,
- «  $j$  » représentant chaque valeur possible de RCC, «  $j$  » peut donc être égal à : 0, 1, 2, 3, 4, 5, ou 6,
- «  $\alpha_j$  » est un coefficient, fonction de «  $j$  », estimé lors d'une initialisation de chaque modèle,
- «  $\beta$  » est un vecteur de coefficient, estimé lors d'une initialisation de chaque modèle et correspondant à une pondération des sources de données (ces coefficients correspondent à la contribution – ou poids - de chaque source utilisée dans le calcul du RCC).

Le dispositif électronique 110 calcule, pour chaque valeur possible du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste, une probabilité associée correspondant à la probabilité que la valeur de l'état de la surface de la piste soit égale à ladite valeur possible, en fonction du modèle statistique sélectionné et des données d'informations enregistrées dans la base de données en association avec les sources d'information sélectionnées. Dit autrement, il est ainsi possible de calculer, pour chaque valeur possible du paramètre RCC, une probabilité associée. La valeur du paramètre RCC est *in fine* choisie comme étant la valeur possible du RCC associée à la probabilité la plus élevée. Ainsi, le dispositif électronique 110 sélectionne comme valeur du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste la valeur possible pour laquelle la probabilité associée est la plus élevée.

Dans une étape suivante 225, le dispositif électronique 110 présente la valeur du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste calculée lors de l'étape précédente à un utilisateur du système 100. L'utilisateur dispose alors d'une estimation

de l'état de surface d'une piste d'un aéroport, cette estimation peut être présentée sur une interface. Cette interface peut permettre aussi l'affichage, pour chaque valeur possible du paramètre représentatif de l'état de la piste (RCC), de la probabilité associée calculée lors de l'étape 220. Cette interface peut permettre aussi l'affichage, pour  
5 chaque valeur possible du paramètre représentatif de l'état de la piste (RCC), de la contribution - ou du poids - de chaque source de données disponible sélectionnée et utilisée pour le calcul du RCC. L'utilisateur reçoit alors une information supplémentaire, particulièrement si une ou plusieurs valeurs possibles du RCC avaient des probabilités associées proches de la valeur choisie.

10 L'utilisateur peut considérer que la valeur du paramètre représentatif de l'état de surface, par exemple le RCC, affichée n'est pas correcte. L'utilisateur se repose pour cela sur son expertise et son expérience. L'utilisateur peut alors corriger la valeur du RCC affichée en la modifiant pour la valeur correcte. L'utilisateur peut déterminer la valeur du RCC qui lui semble correcte par tout moyen. Il est à noter que l'utilisateur,  
15 s'il considère que la valeur affichée du RCC est correcte, peut valider la valeur affichée afin d'indiquer au dispositif électronique 110 que l'estimation est correcte.

Dans ce cas, le dispositif électronique 110 reçoit, dans une étape 230, un message comprenant la valeur corrigée (ou validée) du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste, c'est-à-dire une valeur saisie par un utilisateur considéré comme  
20 ayant une expertise métier. Possiblement, le dispositif électronique 100 enregistre dans la base de données ladite valeur corrigée (ou validée) du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en association avec les données d'informations des sources d'information sélectionnées lors de l'étape 210. Cette valeur de RCC corrigée est une nouvelle étiquette associée aux données d'information, possiblement en remplacement  
25 de la précédente étiquette, c'est-à-dire valeur de RCC calculée, venant d'être corrigée.

Dans une étape suivante 235, le dispositif électronique 110 détermine si la valeur du RCC calculée - estimée - lors de l'étape 220 est égale à la valeur du RCC corrigée (ou validée) reçue lors de l'étape 230.

Si les deux valeurs sont égales, alors le modèle sélectionné fonctionne bien, c'est-  
30 à-dire que l'estimation est correcte. Les paramètres du modèle sélectionné lors de l'étape 215 ne nécessitent pas d'ajustement, le dispositif électronique 110 repasse à l'étape 201, dans l'attente de recevoir d'autres données d'information pour recalculer une autre estimation.

Si les deux valeurs ne sont pas égales, l'estimation calculée lors de l'étape 220 est incorrecte, les coefficients du modèle statistique sélectionné lors de l'étape 215 nécessitent un ajustement, le dispositif électronique 110 passe à l'étape 240.

5 Dans l'étape 240, les coefficients «  $\alpha_j$  » (avec  $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5,$  et  $6$ ) et «  $\beta$  » du modèle statistique sélectionné lors de l'étape 215 sont mis à jour par le dispositif électronique 110. La mise à jour est faite afin que le modèle statistique sélectionné, en utilisant les données d'information disponibles, permette d'obtenir la valeur correcte du RCC saisie par l'utilisateur après présentation de la valeur estimée. Le dispositif électronique 110 repasse ensuite à l'étape 201, dans l'attente de recevoir d'autres  
10 données d'information pour recalculer une autre estimation.

Ainsi, les modèles statistiques sont automatiquement et dynamiquement ajustés afin d'améliorer l'estimation d'un état de surface d'une piste.

Possiblement, une mise à jour du modèle statistique n'est pas réalisée systématiquement après une correction d'un RCC calculée, mais seulement après un  
15 nombre prédéterminé de corrections. Avantagusement, la mise à jour, opération qui peut possiblement être lourde en termes de puissance de calcul, n'est ainsi lancée automatiquement que lorsqu'il y a suffisamment de nouvelles valeurs de RCC corrigées intégrées dans la base de données.

La **Fig. 3** illustre schématiquement l'architecture matérielle d'un dispositif  
20 électronique 300 adapté pour exécuter un procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste d'un aéroport, selon un mode de réalisation de l'invention.

Le dispositif électronique 300 correspond par exemple au dispositif électronique 110 précédemment décrit.

Le dispositif électronique 300 est adapté pour exécuter le procédé décrit dans la  
25 Fig. 2.

Le dispositif électronique 300 comporte, reliés par un bus de communication : un processeur ou CPU (« *Central Processing Unit* » en anglais) 301 ; une mémoire MEM 302 de type RAM (« *Random Access Memory* » en anglais) et/ou ROM (« *Read Only Memory* » en anglais), un module réseau NET 303, un module de stockage STCK 304  
30 de type stockage interne et possiblement une base de données 305 et d'autres modules 306 à 30N de différentes natures. Le module de stockage STCK 304 peut être de type disque dur HDD (« *Hard Disk Drive* » en anglais) ou SSD (« *Solid-State Drive* » en anglais), ou de type lecteur de support de stockage externe, tel un lecteur de cartes SD (« *Secure Digital* » en anglais). Le processeur CPU 301 peut enregistrer des données,

ou informations, dans la mémoire MEM 302 ou dans le module de stockage STCK 304. Le processeur CPU 301 peut lire des données enregistrées dans la mémoire MEM 302, dans le module de stockage STCK 304 ou encore dans la base de données 305. Ces données peuvent correspondre à des paramètres de configuration, des paramètres de  
5 qualités liés à des messages reçus ou à des données d'informations reçues par exemple dans un message reçu via le module réseau NET 303, ou via un autre module de communication 30N. Le module réseau NET 303 permet la connexion du dispositif électronique 300 à un réseau de communication. Le module réseau NET 303 permet au  
10 dispositif électronique 300 d'envoyer, respectivement de recevoir, des messages à destination de, respectivement en provenance de une ou plusieurs sources d'information connectées.

Le processeur CPU 301 est capable d'exécuter des instructions chargées dans la mémoire MEM 302, par exemple à partir du module de stockage STCK 304 ou d'un réseau de communication via le module réseau NET 303, ou d'un autre module de  
15 communication 30N par exemple. Lorsque le dispositif électronique 300 est mis sous tension, le processeur CPU 301 est capable de lire de la mémoire MEM 302 des instructions et de les exécuter. Ces instructions forment un programme d'ordinateur causant la mise en œuvre, par le processeur CPU 301, de tout ou partie des procédés et étapes décrits ci-avant, particulièrement dans la description de la Fig. 2. Ainsi, tout ou  
20 partie des procédés et étapes décrits ci-avant peut être implémenté sous forme logicielle par exécution d'un ensemble d'instructions par une machine programmable, telle qu'un DSP (« *Digital Signal Processor* » en anglais) ou un microcontrôleur. Tout ou partie des procédés et étapes décrits ici peuvent aussi être implémentés sous forme matérielle  
25 par une machine ou un composant dédié, tel qu'un FPGA (« *Field-Programmable Gate Array* » en anglais) ou un ASIC (« *Application-Specific Integrated Circuit* » en anglais). Les fonctions du dispositif électronique 300 peuvent être intégrées dans un serveur informatique connu de l'homme du métier.

## REVENDEICATIONS

- 1) Procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste (A, B, C) d'un aéroport, le procédé étant exécuté par un dispositif électronique (110, 300) connecté à une pluralité de sources d'information (101, 102A, 102B, 102C, 105A, 105B, 105C, 120, 130), chaque source d'information pouvant émettre un message comprenant au moins une donnée d'information, le procédé comprenant les étapes de :
- 10           - recevoir (201), en provenance d'une source d'information, au moins un message comprenant une donnée d'information,
  - enregistrer (205) dans une base de données ladite donnée d'information en association avec la source d'information,
  - 15           - sélectionner (210) la source d'information et possiblement au moins une autre source d'information parmi la pluralité de sources d'information présente dans la base de données en fonction des données d'informations enregistrées en association avec chaque source d'information,
  - sélectionner (215) un modèle statistique d'estimation de l'état de surface de la piste, parmi une pluralité de modèles statistiques prédéterminés, chaque modèle statistique étant associé à une combinaison de sources d'information, en fonction de la ou des sources d'informations sélectionnées,
  - 20           - calculer (220) une valeur d'un paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en fonction du modèle statistique sélectionné et de la ou des données d'informations enregistrées dans la base de données en association avec la ou les sources d'information sélectionnées.
- 2) Procédé selon la revendication précédente, le procédé comprenant les étapes ultérieures de :
- 30           - enregistrer dans une base de données la valeur calculée du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en association avec les données d'informations des sources d'information sélectionnées,
  - présenter (225) la valeur calculée du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste à un utilisateur,

- recevoir (230) un message comprenant une valeur, dite valeur corrigée, du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste, et, si la valeur corrigée est différente de la valeur calculée, alors :
  - enregistrer dans la base de données la valeur corrigée du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en association avec les données d'informations des sources d'information sélectionnées en remplacement de la valeur calculée, et,
  - mettre à jour (240), en fonction de la base de données enrichie de la valeur corrigée, le modèle statistique sélectionné.
- 3) Procédé selon la revendication précédente, la mise à jour du modèle statistique sélectionné n'étant réalisée qu'après un nombre prédéterminé d'enregistrements dans la base de données de valeurs corrigées.
- 4) Procédé selon l'une des revendications précédentes, le paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste pouvant prendre une valeur parmi une pluralité de valeurs possibles, l'étape de calculer une valeur d'un paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste en fonction du modèle statistique sélectionné comprenant les étapes de :
- calculer, pour chaque valeur possible du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste, une probabilité associée correspondant à la probabilité que la valeur de l'état de la surface de la piste soit égale à ladite valeur possible, en fonction du modèle statistique sélectionné et des données d'informations enregistrées dans la base de données en association avec les sources d'information sélectionnées,
  - sélectionner comme valeur du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste la valeur possible pour laquelle la probabilité associée est la plus élevée.
- 5) Procédé selon la revendication précédente, l'étape de présenter la valeur du paramètre représentatif de l'état de la surface de la piste à un utilisateur du dispositif électronique comprenant :
- afficher, pour chaque valeur possible du paramètre représentatif de l'état de la piste, la probabilité associée calculée.

6) Procédé selon l'une des revendications précédentes, la pluralité de valeurs possibles étant ordonnée, l'ordre ayant un sens sur la représentativité de l'état de la surface de la piste et chaque modèle statistique étant un modèle de régression logistique ordinaire.

7) Dispositif électronique (110, 300) adapté pour exécuter le procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste d'un aéroport selon l'une des revendications précédentes.

8) Système (100) permettant une estimation d'un état de surface d'une piste (A, B, C) d'un aéroport, le système comprenant le dispositif électronique (110, 300) selon la revendication précédente et une pluralité de sources d'information (101, 102A, 102B, 102C, 105A, 105B, 105C, 120, 130) connectées audit dispositif électronique, chaque source d'information pouvant émettre un message comprenant au moins une donnée d'information.

9) Programme d'ordinateur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions pour mettre en œuvre, par un processeur (301) d'un dispositif électronique, le procédé d'estimation d'un état de surface d'une piste d'un aéroport, selon l'une des revendications 1 à 6, lorsque le programme d'ordinateur est exécuté par le processeur.

10) Support d'enregistrement sur lequel est stocké le programme d'ordinateur selon la revendication précédente.

25

1/3

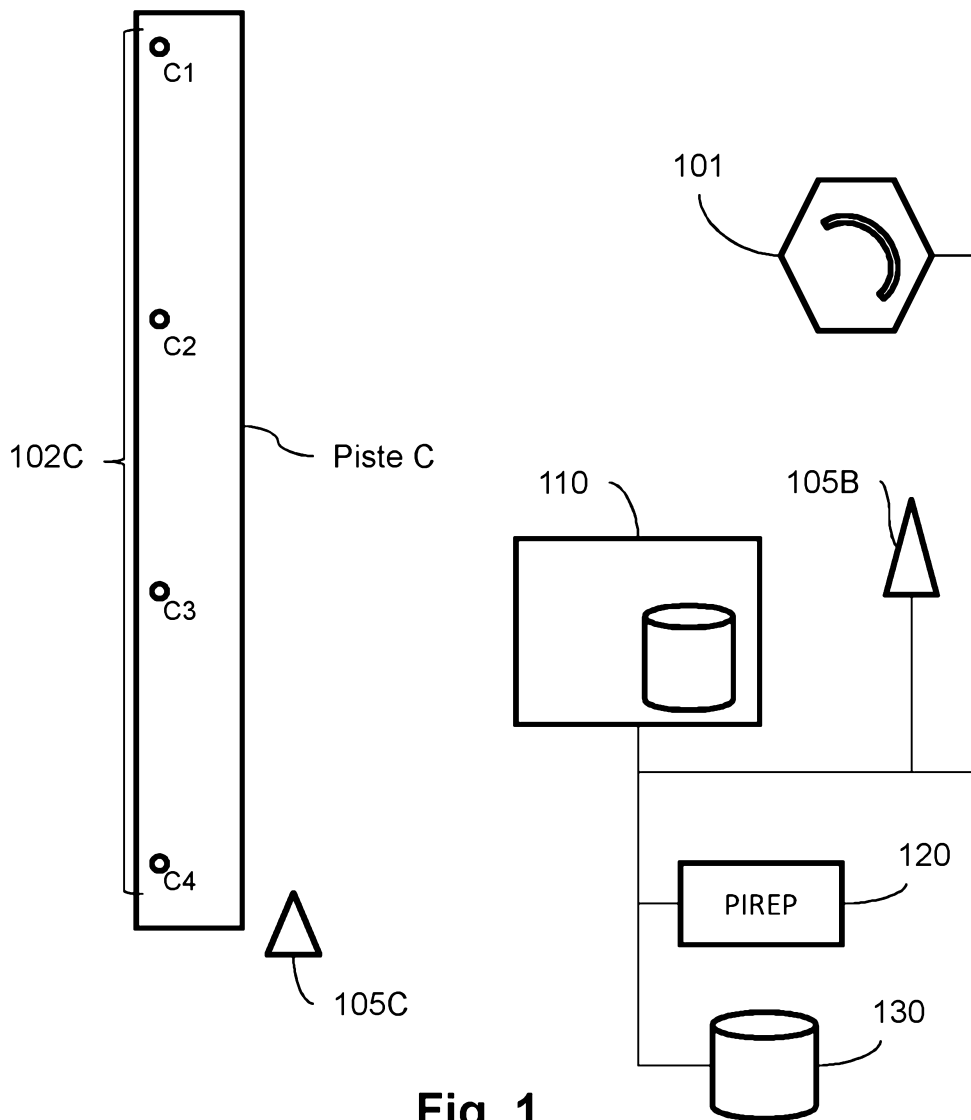
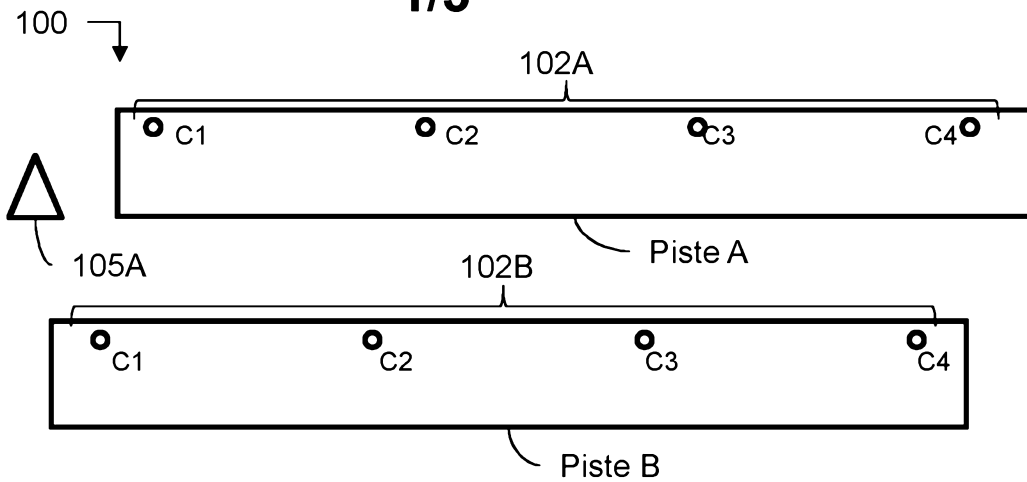


Fig. 1

2/3

200 ↘

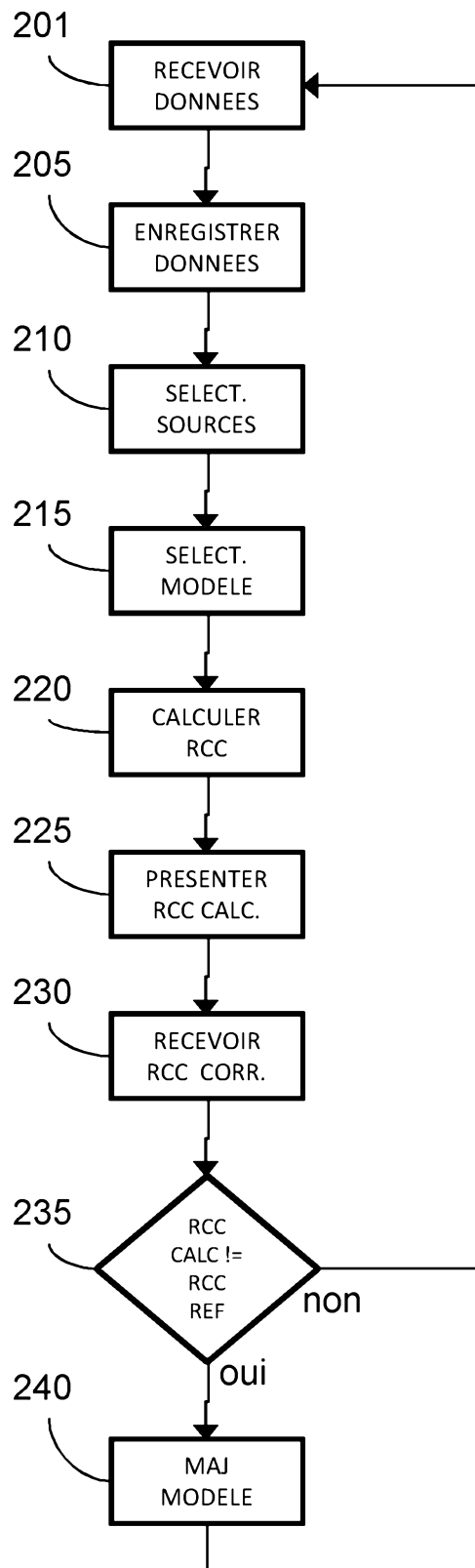


Fig. 2

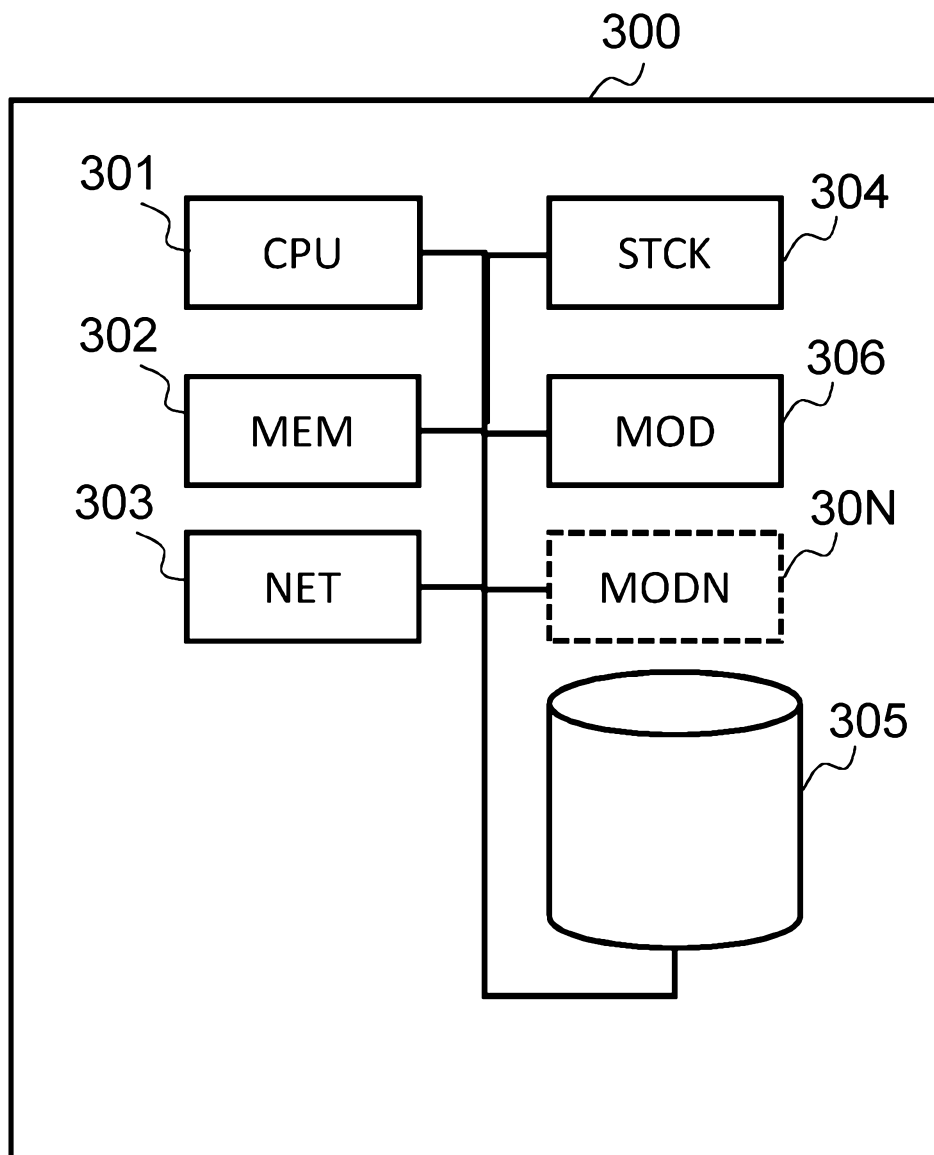


Fig. 3

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 849654  
FR 1762455

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS   |  | Revendication(s)<br>concernée(s)   | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI |
|---|--|--|---|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes   |  |   |
| X   | F.F Herrema ET AL: "A novel machine learning model to predict abnormal Runway Occupancy Times and observe related precursors",<br>12th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar,<br>27 juin 2017 (2017-06-27), pages 1-32,<br>XP055514285,<br>Extrait de l'Internet:<br>URL:http://www.atmseminarus.org/seminarContent/seminar12/presentations/12th_ATM_RD_Seminar_presentation_107.pdf<br>[extrait le 2018-10-10] | 1,7-10   | G06F17/18<br>G06F17/30<br>G08G5/00              |
| Y   | * pages 4, 5, 9, 16, 19 et 22 *  | 2-6  |   |
| Y   | Angela Campbell ET AL: "Uncertainty Limits for an Aircraft-Based Runway Friction Assessment Method",<br>,<br>2016, pages 1-7, XP055511123,<br>Extrait de l'Internet:<br>URL:http://icrat.org/icrat/seminarContent/2016/papers/51/ICRAT_2016_paper_51.pdf<br>[extrait le 2018-09-28]  | 2-6  |   |
| A   | * page 1 - page 3 *  | 1,7-10   |   |
| A,D   | WO 2015/134898 A1 (HYDRO AIRE INC [US])<br>11 septembre 2015 (2015-09-11)<br>* le document en entier *   | 1-10   |   |
| A,D   | WO 2016/096757 A1 (SAFETY LINE [FR])<br>23 juin 2016 (2016-06-23)<br>* le document en entier *   | 1-10   |   |
| A,D   | EP 2 554 443 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS [FR])<br>6 février 2013 (2013-02-06)<br>* le document en entier *   | 1-10   |   |
|   | -----<br>-/--  |  |   |
| Date d'achèvement de la recherche   |  | Examineur  |   |
| 15 octobre 2018   |  | Huguet Serra, G  |   |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS   |  |  |   |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |  | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>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.<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>.....<br>& : membre de la même famille, document correspondant |   |

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 849654  
FR 1762455

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                 |  | Revendication(s)<br>concernée(s)                         | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI |
|---|--|--|---|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                             |  |   |
| A   | FR 2 930 669 A1 (AIRBUS FRANCE SAS [FR])<br>30 octobre 2009 (2009-10-30)<br>* le document en entier *<br>----- | 1-10   |   |
|   |  |  | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (IPC)         |
|   |  |  |   |
| Date d'achèvement de la recherche                     |  | Examineur  |   |
| 15 octobre 2018                                       |  | Huguet Serra, G  |   |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS                         |  | T : théorie ou principe à la base de l'invention         |   |
| X : particulièrement pertinent à lui seul             |  | E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure |   |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un |  | à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date |   |
| autre document de la même catégorie                   |  | de dépôt ou qu'à une date postérieure.                   |   |
| A : arrière-plan technologique                        |  | D : cité dans la demande                                 |   |
| O : divulgation non-écrite                            |  | L : cité pour d'autres raisons                           |   |
| P : document intercalaire                             |  | .....  |   |
|   |  | & : membre de la même famille, document correspondant    |   |

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1762455 FA 849654**

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 **15-10-2018**

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<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| WO 2015134898 A1                                | 11-09-2015             | CA 2941134 A1                           | 11-09-2015             |
|   |                        | CN 106103217 A                          | 09-11-2016             |
|   |                        | EP 3113990 A1                           | 11-01-2017             |
|   |                        | JP 2017515716 A                         | 15-06-2017             |
|   |                        | US 2015254990 A1                        | 10-09-2015             |
|   |                        | US 2016340033 A1                        | 24-11-2016             |
|   |                        | WO 2015134898 A1                        | 11-09-2015             |
| -----   |                        |   |                        |
| WO 2016096757 A1                                | 23-06-2016             | FR 3030096 A1                           | 17-06-2016             |
|   |                        | WO 2016096757 A1                        | 23-06-2016             |
| -----   |                        |   |                        |
| EP 2554443 A1                                   | 06-02-2013             | CN 102910284 A                          | 06-02-2013             |
|   |                        | EP 2554443 A1                           | 06-02-2013             |
|   |                        | FR 2978736 A1                           | 08-02-2013             |
|   |                        | US 2014012437 A1                        | 09-01-2014             |
| -----   |                        |   |                        |
| FR 2930669 A1                                   | 30-10-2009             | FR 2930669 A1                           | 30-10-2009             |
|   |                        | US 2009292483 A1                        | 26-11-2009             |
| -----   |                        |   |                        |