

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :

3 149 416

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

23 05454

51 Int Cl⁸ : G 08 G 5/02 (2023.01), G 08 G 5/00, B 64 D 45/04,
G 05 D 1/49, G 06 V 10/25, G 06 T 7/77, 7/73, 3/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.05.23.

30 Priorité :

71 Demandeur(s) : AIRBUS OPERATIONS SAS — FR.

72 Inventeur(s) : RIVERO SESMA Juan.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.12.24 Bulletin 24/49.

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 :

73 Titulaire(s) : AIRBUS OPERATIONS SAS.

○ Demande(s) d'extension :

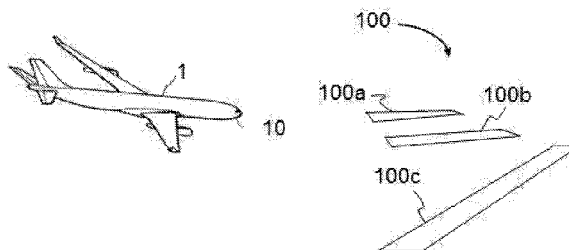
74 Mandataire(s) : LE GUEN & ASSOCIES.

54 PROCÉDE AMELIORE D'ASSISTANCE A L'ATERRISSAGE D'UN AERONEF ET SYSTEME CONFIGURE
POUR EXECUTER LE PROCÉDE.

57 L'invention concerne un procédé d'assistance à l'at-
terrissage d'un aéronef (1) adapté pour déterminer autant
de positions théoriques (POS1, POS2, POS3) probables de
l'aéronef face à une pluralité de pistes (100a, 100b, 100c)
d'atterrissage d'une installation aéroportuaire (100) de
destination ; pour opérer des reprojections (102a, 102b,
102c) desdites pistes d'atterrissage dans une image (F) ob-
tenue par une caméra (10c) de l'aéronef (1) grâce à un mo-
dèle théorique de caméra (e.g. « pinhole camera model »),
en référence chacune à l'une des positions (POS1, POS2,
POS3) théoriques déterminées ; et à établir pour chacune
des projections opérées un score de cohérence permettant
de fournir ensuite une position estimée (POSA) de l'aéronef
(1).

Avantageusement, il est ainsi possible de confirmer ou
d'infirmer que la piste vue depuis la caméra (10c) de l'aéro-
nef (1), et positionnée face à l'aéronef (1), est bien la piste
de destination prévue (100b) pour un atterrissage.

Fig. 1



FR 3 149 416 - A1



Description

Titre de l'invention : PROCEDE AMELIORE D'ASSISTANCE A L'ATERRISSAGE D'UN AERONEF ET SYSTEME CONFIGURE POUR EXECUTER LE PROCEDE.

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un procédé d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef sur une piste d'une installation aéroportuaire. L'invention concerne plus particulièrement un procédé de détermination de la position de l'aéronef au regard d'une pluralité de pistes d'une même installation aéroportuaire, à partir d'une prise de vue opérée depuis l'aéronef, puis de vérification de la cohérence de la position déterminée. L'invention concerne en outre un système configuré pour exécuter le procédé précité d'assistance à l'atterrissage.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Les aéronefs actuels comprennent de nombreux dispositifs ou systèmes d'assistance au pilotage parmi lesquels figurent par exemple des systèmes d'aide à la réalisation d'une descente optimisée vers une installation aéroportuaire de destination ou encore des systèmes visant à éviter une confusion à l'arrivée à destination entre une piste d'atterrissage de destination et un taxiway parallèle à cette piste. D'autre part, tous les aéroports ne sont pas équipés de systèmes permettant un atterrissage automatique (e.g. ILS). La demande de brevet FR3122408A1 traite d'un système automatisé embarqué dans un aéronef comparant automatiquement les régions obtenues à partir d'une re-projection contenant potentiellement des pistes de l'aéroport dans une prise de vue à partir d'un aéronef avec une image synthétiquement reconstruite, dans un même référentiel spatial que celui de la prise de vue, d'une piste de destination, à partir de coordonnées de points caractéristiques de ces pistes de l'aéroport de destination obtenues depuis une base de données. Cela permet d'identifier automatiquement l'ensemble des pistes de l'aéroport de destination indépendamment de tout autre système de positionnement global de l'avion (e.g. GPS).

[0003] De nombreuses installations aéroportuaires comprennent plusieurs pistes, parfois agencées parallèlement l'une à l'autre et un risque de confusion peut apparaître dans des conditions de visibilité dégradées, et quand il n'y a pas d'autres moyens de positionnement disponibles pour positionner un aéronef par rapport à la piste d'atterrissage de façon automatique. Il existe alors un besoin de confirmer un bon positionnement d'un aéronef à l'arrivée, opérant une finale vers une piste de destination d'une installation aéroportuaire.

[0004] La situation peut être améliorée.

Exposé de l'invention

- [0005] Un objet de la présente invention est de proposer un procédé d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef permettant de confirmer un bon positionnement de l'aéronef par rapport à une piste d'atterrissage de destination d'une installation aéroportuaire, notamment lorsque cette dernière comprend une pluralité de pistes d'atterrissage, ainsi qu'un système automatisé d'assistance à l'atterrissage configuré pour exécuter un tel procédé.
- [0006] A cet effet, il est proposé un procédé d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef sur une piste d'atterrissage d'une installation aéroportuaire de destination, le procédé comprenant :
- [0007] - détecter une pluralité de pistes d'atterrissage dans une image représentative d'une prise de vue opérée depuis l'aéronef,
- [0008] - sélectionner une piste d'atterrissage détectée parmi la pluralité de pistes d'atterrissage détectées dans l'image, et détecter des points caractéristiques de cette piste dans ladite image,
- [0009] - déterminer autant de positions théoriques de l'aéronef qu'il n'y a de pistes d'atterrissage présentes dans l'installation aéroportuaire de destination à partir des points caractéristiques de la piste d'atterrissage sélectionnée dans l'image, d'un algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type « PnP », et des coordonnées des points caractéristiques de chacune des pistes dans une base de données géodésiques, puis, pour chacune des positions théoriques déterminées de l'aéronef :
- effectuer une reprojexion de chacune desdites pistes d'atterrissage dans l'image en utilisant la position théorique déterminée, les coordonnées de la base de données géodésiques et l'algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type « PnP »,
 - établir et mémoriser un score de cohérence entre les points caractéristiques des pistes détectées dans l'image et les points caractéristiques des pistes re-projetées dans l'image, puis
- [0010] - fournir une information représentative d'une position estimée de l'avion à partir des scores de cohérence mémorisés.
- [0011] Avantageusement, il est ainsi possible de confirmer ou d'infirmer une bonne position de l'aéronef se présentant face à une piste d'atterrissage de destination présumée parmi une pluralité de pistes d'atterrissage.
- [0012] Selon un mode de réalisation, l'étape de sélectionner une piste d'atterrissage comprend déterminer une piste d'atterrissage détectée comme étant la plus centrée

parmi les pistes d'atterrissage dans l'image ou celle présentant un indice de détection le plus élevé.

- [0013] Selon un mode de réalisation, établir un score de cohérence (ou de corrélation) entre les points caractéristiques des pistes détectées dans l'image et les points caractéristiques des pistes reprojctées dans l'image comprend établir un indice de cohérence pour chaque paire de pistes comprenant une piste d'atterrissage détectée dans l'image et une piste d'atterrissage reprojctée dans l'image à partir d'une distance entre un barycentre de la piste détectée dans l'image et un barycentre de la piste reprojctée dans l'image, puis, déterminer le score de cohérence à partir des indices.
- [0014] Selon un mode de réalisation, le score de cohérence est la moyenne des indices.
- [0015] L'invention a également pour objet un dispositif d'assistance à l'atterrissage comprenant de la circuiterie électronique configurée pour :
- [0016] - détecter une pluralité de pistes d'atterrissage dans une image représentative d'une prise de vue opérée depuis l'aéronef,
- [0017] - sélectionner une piste d'atterrissage détectée parmi la pluralité de pistes d'atterrissage détectées dans l'image, et déterminer des points caractéristiques de cette piste dans ladite image,
- [0018] - déterminer autant de positions théoriques de l'aéronef qu'il n'y a de pistes d'atterrissage dans l'installation aéroportuaire de destination à partir des points caractéristiques de la piste d'atterrissage sélectionnée dans l'image, d'un algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type « PnP », et des coordonnées des points caractéristiques de chacune des pistes dans une base de données géodésiques, puis, pour chacune des positions théoriques déterminées de l'aéronef :
- [0019] - effectuer une reprojction de chacune desdites pistes d'atterrissage dans l'image en utilisant la position théorique, les coordonnées de la base de données géodésiques et l'algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type « PnP »,
- [0020] - établir et mémoriser un score de cohérence entre lesdits points caractéristiques desdites pistes détectées dans ladite image et les points caractéristiques des pistes reprojctées dans l'image, puis,
- [0021] - fournir une information représentative d'une position estimée de l'avion à partir des scores de cohérence mémorisés.
- [0022] Selon un mode de réalisation, la circuiterie électronique configurée pour établir un score de cohérence entre les points caractéristiques des pistes détectées dans l'image et les points caractéristiques des pistes reprojctées dans l'image comprend de la circuiterie électronique configurée pour établir un indice de cohérence pour chaque paire de pistes comprenant une piste d'atterrissage détectée dans l'image et une piste

d'atterrissage reprojétée dans l'image, à partir d'une distance entre un barycentre de la piste détectée dans l'image et un barycentre de la piste reprojétée dans l'image, puis, déterminer le score de cohérence à partir des indices.

[0023] L'invention a également pour objet un aéronef comprenant un dispositif d'assistance à l'atterrissage tel que précédemment décrit.

[0024] L'invention concerne enfin un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour exécuter les étapes d'un procédé d'assistance à l'atterrissage tel que précédemment décrit ainsi qu'un support de stockage comprenant un produit programme d'ordinateur tel que précité.

Breve description des dessins

[0025] 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 :

[0026] [Fig.1] illustre schématiquement et symboliquement un aéronef comprenant un système d'assistance à l'atterrissage selon un mode de réalisation se présentant face à une installation aéroportuaire de destination ;

[0027] [Fig.2] illustre schématiquement une reprojektion d'une piste d'atterrissage dans un plan image d'une caméra frontale d'un aéronef ;

[0028] [Fig.3] illustre schématiquement un procédé d'assistance à l'atterrissage selon un mode de réalisation ;

[0029] [Fig.4] illustre schématiquement une prise de vue de trois pistes d'atterrissage d'une même installation aéroportuaire depuis une caméra frontale d'un aéronef ;

[0030] [Fig.5] illustre schématiquement les trois pistes d'atterrissage déjà représentées sur la [Fig.4] dans une image fournie par la caméra frontale ayant opéré la prise de vue de la [Fig.4] ;

[0031] [Fig.6] illustre schématiquement une détection d'objets de type piste d'atterrissage identifiés par des boites englobantes dans l'image déjà représentée sur la [Fig.5] ;

[0032] [Fig.7] illustre schématiquement une reprojektion des pistes de l'installation aéroportuaire déjà représentée sur la [Fig.1] dans l'image déjà illustrée sur les [Fig.5] et [Fig.6], à partir d'une première position théorique déterminée de l'aéronef ;

[0033] [Fig.8] illustre schématiquement une reprojektion des pistes de l'installation aéroportuaire déjà représentée sur la [Fig.1] dans l'image déjà illustrée sur les [Fig.5] et [Fig.6], à partir d'une deuxième position théorique déterminée de l'aéronef ;

[0034] [Fig.9] illustre schématiquement une reprojektion des pistes de l'installation aéroportuaire déjà représentée sur la [Fig.1] dans l'image déjà illustrée sur les [Fig.5] et [Fig.6], à partir d'une troisième position théorique déterminée de l'aéronef ; et,

[0035] [Fig.10] illustre schématiquement une architecture interne d'un dispositif

d'assistance à l'atterrissage selon un mode de réalisation.

[0036] EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION

[0037] La [Fig.1] représente schématiquement et symboliquement un aéronef 1 comprenant un système d'assistance à l'atterrissage 10 configuré pour exécuter un procédé d'assistance à l'atterrissage selon un mode de réalisation de l'invention. Le système 10 est notamment configuré pour déterminer une position de l'aéronef 1 par rapport à une piste d'atterrissage 100b de destination sur laquelle un atterrissage de l'aéronef 1 est prévu de façon imminente. La piste d'atterrissage 100b de destination est une piste d'une installation aéroportuaire 100. La piste d'atterrissage 100b de l'installation aéroportuaire 100 est longiforme et de forme rectangulaire. Avantageusement, la piste d'atterrissage 100b de destination est référencée dans une base de données RWYDB directement ou indirectement accessible par le système d'assistance à l'atterrissage 10 de l'aéronef 1. Selon un mode de réalisation, la base de données RWYDB est téléchargée dans le système d'assistance 10 de l'aéronef 1, par exemple, préalablement à un vol. Selon un mode de réalisation, la base de données RWYDB comprend, pour chacune des pistes d'installations aéroportuaires qui y sont recensées, des coordonnées de points caractéristiques de la piste (coins et milieux des seuils de pistes, par exemple) selon un format géodésique mondial WGS84 (de l'anglais « *World Geodesic System* »). Selon un mode de réalisation, le système d'assistance à l'atterrissage 10 est configuré pour communiquer avec un serveur distant, par exemple un serveur de base de données installé dans une station au sol, lequel comprend la base de données RWYDB de pistes d'installations aéroportuaires. Avantageusement l'aéronef 1 est équipé d'au moins une caméra frontale 10c (représentée sur la [Fig.2]), laquelle est configurée pour opérer des prises de vue d'un secteur dit « secteur avant » encore appelé « champ de vision » ou « FOV » de l'anglais « *Field Of Vision* », vers lequel l'avion se dirige lorsqu'il évolue en vol. Préférentiellement, la caméra frontale 10c est agencée dans le radôme de l'aéronef 1. Selon des variantes, la caméra frontale 10c est agencée sur n'importe quelle partie du fuselage de l'aéronef 1 pour peu que sa position soit compatible avec une prise de vue du secteur avant, lequel secteur est en outre globalement visible depuis la cabine de pilotage de l'aéronef 1. La caméra frontale 10c opère comme un dispositif de capture d'image classique, c'est-à-dire qu'elle est configurée pour opérer des prises successives de vue et fournir des images F successives et représentatives chacune d'une vue de l'environnement face à l'aéronef 1, depuis l'aéronef 1, au moment de la prise de vue. Selon un mode de réalisation, la caméra frontale 10c est par exemple configurée pour opérer 30 prises de vue par seconde et pour fournir 30 images F par seconde au dispositif d'assistance à l'atterrissage 10. Avantageusement, la caméra 10c ou encore le système d'assistance à l'atterrissage 10 comprend un module de détection de régions d'intérêt configuré pour

détecter une ou plusieurs régions d'intérêt apparentes lors d'une prise de vue, à partir de l'une des images F correspondante. En d'autres termes, le module de détection de région d'intérêt est un module comprenant de la circuiterie électronique configurée pour détecter un ou plusieurs objets (régions d'intérêt) d'un type donné dans une image F obtenue depuis la caméra frontale 10c. Selon l'exemple décrit, le ou les objets détectés sont des pistes d'atterrissage présentes dans le champ de vision de la caméra 10c. Selon un mode de réalisation, le module de détection d'objets comprend une implémentation logicielle ou matérielle d'un réseau de neurones artificiels profond ou de type DCNN (du sigle anglais "*Deep Convolutional Neural Network*"). Un tel module DCNN peut être constitué d'un ensemble de nombreux neurones artificiels, de type convolutif ou de type perceptron, et organisés par couches successives connectées entre elles. Un tel module DCNN s'inspire classiquement d'un modèle simpliste du fonctionnement d'un cerveau humain où de nombreux neurones biologiques sont connectés entre eux par des axones. Par exemple un module dit YOLOv4 (du sigle anglais « *You Only Look Once* version 4 ») est un module de type DCNN qui permet d'opérer une détection d'objets dans des images, et qui est dit "à une étape" (ou encore One-Stage), c'est à dire dont l'architecture est composée d'un module unique de propositions combinées de rectangles encadrant des objets (« boîtes englobantes » ou encore « *bounding boxes* », de l'anglais) et de classes d'objets dans l'image. En plus des neurones artificiels précédemment décrits, le module YOLOv4 utilise des fonctions connues de l'homme du métier comme par exemple la normalisation des lots (ou "*batch normalization*" en anglais), la régularisation par coupure de blocs de pixels (ou "*dropblock regularization*" en anglais), des connexions résiduelles pondérées entre couches (ou "*weighted residual connections*") ou encore une étape de suppression non-maximale (ou "*non-maximal suppression*" en anglais) qui élimine les propositions redondantes d'objets détectés. Selon un mode de réalisation, le module de détection d'objets a la possibilité de prédire une liste d'objets présents dans une ou plusieurs images d'un ou plusieurs contenus vidéos en fournissant, pour chaque objet, un rectangle encadrant l'objet sous forme de coordonnées de points définissant le rectangle dans l'image, le type ou classe de l'objet parmi une liste prédéfinie de classes définies lors d'une phase d'apprentissage, et un score de détection représentant un degré de confiance dans la détection ainsi opérée. Avantagusement, le module de détection d'objets opérant à partir d'une image F est configuré pour extraire des coordonnées de points caractéristiques de chacune des pistes d'atterrissage détectées dans une image F, en référence au plan d'image (ou repère d'image) de l'image F. Par exemple, le module de détection d'objets de l'aéronef 1 est capable de fournir des coordonnées des quatre coins d'une piste d'atterrissage détectée dans une image F, ainsi que de deux points définissant un axe central longitudinal de la piste concernée. Le

plan image de la caméra frontale 10c est défini ici comme un plan perpendiculaire à l'axe optique de la caméra frontale 10c et une image fournie par la caméra 10c comprend donc une projection de tous les éléments vus par la caméra dans ce plan image de référence.

[0038] Astucieusement et avantageusement, il est alors possible, pour toute piste d'atterrissage dont des points caractéristiques sont référencés dans une base de données de géolocalisation de pistes d'atterrissage, d'utiliser les coordonnées présentes dans la base de données ou encore des coordonnées de points déterminés à partir des coordonnées présentes dans la base de données, ainsi que les coordonnées des mêmes points de la piste telle que détectée dans une image F obtenue à partir de la caméra frontale, pour définir une position de l'aéronef au moment de la prise de vue dont est issue l'image F, grâce à l'utilisation d'un algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type « Perspective-n-Point » (de l'anglais) encore communément appelé algorithme « PnP » ou algorithme de reprojection. Un tel algorithme est encore appelé algorithme de calcul de pose. Les termes « calcul de pose » désignent ici une détermination d'une position d'un aéronef au regard d'un référentiel spatial, ce qui peut comprendre sa position mais aussi son orientation, son attitude (positionnement de ses axes dans l'espace). Il s'agit d'un algorithme visant à déterminer notamment la position relative selon six degrés de liberté d'une caméra (ou plus précisément de son centre optique), positionné sur son axe optique de vision, par rapport à un objet considéré dans l'espace, et vice-versa, à partir d'un ensemble de correspondances des points M_i référencés dans un référentiel spatial X, Y, Z et leurs projections respectives m_i dans un plan image obtenu à partir de la caméra. Ainsi, par exemple un algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type PnP, peut définir une position de la caméra 10c à partir des coordonnées géodésiques des coins A, B, C, D de la piste 100a et des coordonnées dans l'image F des points a, b, c, d qui sont la représentation des points A, B, C et D dans l'image F fournie par la caméra frontale 10c.

[0039] La [Fig.2] illustre un positionnement relatif de l'aéronef 1 face à la piste d'atterrissage 100b de destination dont les quatre coins sont identifiés et référencés A, B, C, D. La [Fig.2] illustre en outre une image F telle que fournie par la caméra frontale 10c de l'aéronef 1 et dans laquelle apparaît une représentation de la piste 100b, détectée par le module de détection d'objets de l'aéronef 1 configuré pour détecter une ou plusieurs pistes d'atterrissage dans l'image F fournie par la caméra frontale 10c. L'image F comprend une représentation a, b, c, d dans le repère u, v de coordonnées des points de l'image F, des points caractéristiques A, B, C et D qui sont les coins de la piste d'atterrissage 100b dans le monde réel. Selon un mode de réalisation, des coordonnées géodésiques x_A, y_A, z_A ; x_B, y_B, z_B ; x_C, y_C, z_C et x_D, y_D, z_D respec-

tivement associées aux points A, B, C, D de la piste d'atterrissage 100b dans le « monde réel » sont connues et enregistrées dans la base de données RWYDB des pistes d'atterrissage en référence à un référentiel spatial X, Y, Z.

- [0040] Selon un mode de réalisation, le système d'assistance à l'atterrissage 10 de l'aéronef 1 est configuré pour déterminer une première position du centre optique 10f de la caméra 10c, et donc en conséquence de l'aéronef 1 par rapport à la piste d'atterrissage 100b grâce à un premier algorithme, du type algorithme PnP. L'algorithme PnP exécuté selon l'invention, encore appelé ici algorithme de détermination d'une position relative de l'aéronef par rapport à une piste de destination, ou algorithme de calcul de pose par rapport à la piste de destination, n'est pas détaillé puisque les nombreuses opérations de calcul réalisées selon un tel algorithme sont connues et que sa description détaillée n'est pas utile à la compréhension de l'invention.
- [0041] L'utilisation d'un algorithme PnP, de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, permet donc, à partir d'une représentation d'une piste d'atterrissage sélectionnée dans l'image F, et connaissant les coordonnées géodésiques des points caractéristiques A, B, C et D de chacune des pistes d'atterrissage 100a, 100b et 100c, de déterminer autant de positions théoriques de l'aéronef 1 face à l'installation aéroportuaire 100 qu'il n'y a de pistes présentes dans l'installation aéroportuaire 100. Ainsi, si l'une des pistes vues par la caméra frontale 10c de l'aéronef 1 appartient bien à l'installation aéroportuaire 100, l'une au moins des positions théoriques déterminées grâce à l'algorithme de type PnP sera exacte (aux erreurs de calcul près). Selon l'exemple décrit, les pistes d'atterrissage 100a, 100b et 100c de l'installation aéroportuaire 100 sont au nombre de trois et il est donc possible de déterminer trois positions théoriques de l'aéronef 1 qui sont nommées ici POS1, POS2 et POS3.
- [0042] Selon un mode de réalisation, la sélection d'une piste détectée dans l'image F (ou plus exactement la sélection d'une représentation d'une piste déterminée dans l'image F) est réalisée en choisissant la piste qui apparaît la plus centrée dans l'image F, dans la mesure où il est estimé que, sauf cas particuliers, les moyens de radionavigation utilisés sont de nature à permettre un positionnement de l'aéronef à l'arrivée face à la piste de destination et dans l'axe de la piste de destination, ce qui a pour conséquence de faire apparaître la piste de destination de façon centrale dans l'image F représentative du champ de vision de la caméra frontale 10c. Bien évidemment cet exemple n'est pas limitatif et une autre représentation de piste pourrait être utilisée.
- [0043] La [Fig.3] est un ordinogramme illustrant des étapes d'un procédé d'assistance à l'atterrissage de l'aéronef 1 exécuté par le système 10 d'assistance à l'atterrissage.
- [0044] Une étape initiale S0 est une étape au terme de laquelle l'ensemble des moyens mis en œuvre par le procédé est correctement initialisé et normalement opérationnel. En

outre, au terme de l'étape S0, l'aéronef 1 est suffisamment proche de l'installation aéroportuaire de destination pour que plusieurs pistes de l'installation aéroportuaire 100 soient présentes dans le champ de vision de la caméra 10c. Selon l'exemple décrit, les trois pistes 100a, 100b et 100c de l'installation aéroportuaire 100 sont visibles au terme de l'étape S0. Le module de détection d'objets de l'aéronef 1 opère alors, lors d'une étape S1, une détection de chacune des pistes présentes dans le champ de vision de la caméra 10c, de sorte à pouvoir les identifier par des boîtes englobantes dans l'image F fournie par la caméra frontale 10c. Les positions théoriques POS1, POS2 et POS3 sont ensuite déterminées lors d'une étape S2, à partir d'une piste d'atterrissage sélectionnée dans l'image F. Selon l'exemple décrit, la piste sélectionnée est la piste la plus centrée dans l'image, à savoir la piste d'atterrissage 100b. Selon un autre exemple, la piste d'atterrissage sélectionnée est celle pour laquelle un indice de confiance fourni par le module de détection d'objets dans l'image est le plus grand (un indice associé à une boîte englobante ou « *boundix box* »).

[0045] Selon un autre exemple encore, l'étape de sélectionner une piste d'atterrissage comprend le fait de déterminer un identifiant de la piste (comme par exemple un numéro de piste peint sur son seuil de piste en fonction de son orientation). Une détermination de la piste de destination est possible même si la piste détectée n'est pas la piste de destination car on connaît la position relative de toutes les pistes de l'installation aéroportuaire. Selon l'exemple décrit, la position théorique POS1 est déterminée à partir des coordonnées géodésiques de la piste 100a dans la base de données RWYDB, la position théorique POS2 est déterminée à partir des coordonnées géodésiques de la piste 100b dans la base de données RWYDB, et la position théorique POS3 est déterminée à partir des coordonnées géodésiques de la piste 100c dans la base de données RWYDB. Une fois les positions théoriques POS1, POS2 et POS3 déterminées par l'exécution d'un algorithme PnP, des étapes S3 et S4 sont successivement réalisées autant de fois qu'il n'y a de positions théoriques déterminées (donc ici trois fois selon l'exemple décrit), c'est-à-dire autant de fois qu'il n'y a de pistes d'atterrissage présentes dans l'installation aéroportuaire 100. Une reprojection des pistes 100a, 100b et 100c est alors réalisée lors de l'étape S3, pour chacune des positions théoriques POS1, POS2 et POS3 déterminées de sorte à déterminer un niveau de cohérence, lors d'une étape de l'étape S4, entre les pistes d'atterrissage 100a, 100b et 100c détectées telles que présentes dans l'image F, et les pistes d'atterrissage 100a, 100b et 100c telles que reprojétées dans l'image F grâce à l'utilisation d'un modèle théorique de caméra (e.g. une caméra d'un type nommé « *pinhole camera model* », de l'anglais). Lors de l'étape S4, le niveau de cohérence entre les pistes d'atterrissage détectées et les pistes d'atterrissage reprojétées est quantifié en calculant un score de cohérence pour chacune des positions théoriques précédemment déterminées. Dif-

férentes méthodes, variées, peuvent être utilisées pour la détermination d'un score de cohérence. Par exemple, si une piste reprojetée apparaît intégralement dans une boîte englobante de dimension prédéterminée définie autour d'une boîte englobante de détection, ou centrée sur celle-ci, un score partiel (encore appelé ici « indice ») déterminé pour cette piste est positif et si la piste reprojetée n'apparaît pas intégralement dans une boîte englobante prédéterminée, mais seulement partiellement, le score partiel pour cette piste est nul, et enfin, si la piste reprojetée n'apparaît qu'à l'extérieur d'une boîte englobante prédéterminée, le score partiel pour cette piste est négatif. Selon un autre exemple de réalisation, établir un score de cohérence entre les points caractéristiques a, b, c, d des pistes 100a, 100b et 100c détectées dans l'image F et les points caractéristiques équivalents des pistes reprojetées dans l'image F comprend le fait d'établir un indice de cohérence pour chaque paire de pistes comprenant une piste d'atterrissage détectée dans l'image F et une piste d'atterrissage reprojetée dans l'image F à partir d'une distance entre un barycentre géométrique de la piste détectée dans l'image F et un barycentre géométrique de la piste reprojetée dans l'image F, puis le fait de déterminer ensuite le score de cohérence à partir des indices précédemment calculés pour chacune des pistes. D'autres variantes sont bien évidemment possibles dès lors que le calcul d'un score de cohérence est représentatif d'un niveau de cohérence global entre les pistes telles que reprojetées et les pistes telles que détectées. Dans l'exemple décrit, un score de cohérence SC est déterminé à partir d'indices SC1, SC2 et SC3 respectivement associés à des paires de pistes détectées et reprojetées.

[0046] Une étape S5, vise, après chaque itérations successives des étapes S3 et S4, à déterminer si un score de cohérence SC a bien été déterminé pour toutes les pistes de l'installation aéroportuaire 100 ou en d'autres termes pour toutes les positions théoriques déterminables (ici POS1, POS2 et POS3) de l'aéronef 1 face à l'installation aéroportuaire 100, en utilisant un modèle théorique de caméra (e.g. « *pinhole camera model* » pour les reprojections).

[0047] Si un score de cohérence SC a été déterminé pour toutes les pistes à l'étape S5, le procédé fournit ensuite, lors d'une étape S6, une information de position estimée POSA de l'aéronef à partir des scores de cohérence SC respectivement déterminés pour les différentes positions théoriques POS1, POS2 et POS3. Sinon, le procédé reboucle à l'étape S3 en vue d'opérer une nouvelle itération des étapes S3 et S4 pour une position (et donc une piste) non encore traitée par ces étapes. Selon un mode de réalisation, l'information finale de position estimée POSA est la position théorique pour laquelle est obtenue le plus grand score de cohérence SC parmi les scores de cohérences SC associés aux positions théoriques POS1, POS2 et POS3 et mémorisés. En effet, l'une au moins des positions théoriques déterminées POS1, POS2 et POS3 est la

position de l'aéronef au moment de la prise de vue générant l'image F puisque, sauf erreur quant à l'identification de l'installation aéroportuaire visible depuis la caméra frontale, la piste d'atterrissage détectée dans l'image F puis sélectionnée pour déterminer les positions théoriques POS1, POS2 et POS3 correspond réellement à l'une des pistes de l'installation aéroportuaire 100. L'hypothèse d'une erreur quant à l'identification de l'installation aéroportuaire visible depuis l'aéronef est peu probable dès lors que des moyens de radionavigation ou des repères visuels ont pu être utilisés pour opérer une approche de l'aéronef vers l'installation aéroportuaire 100 de destination. Des [Fig.4], [Fig.5], [Fig.6], [Fig.7], [Fig.8] et [Fig.9] ont vocation à illustrer les opérations de détections et de reprojections opérées lors de l'exécution du procédé décrit ci-avant en relation avec l'ordinogramme de la [Fig.3].

[0048] Selon une variante de réalisation, il est effectué une reprojection de chacune desdites pistes d'atterrissage dans l'image F en utilisant la position théorique déterminée, les coordonnées de la base de données géodésiques et un modèle théorique (ou modélisation) de caméra tel que par exemple un « *pinhole camera model* », de l'anglais, puis il est établi et mémorisé un score de cohérence (ou corrélation) entre la région de l'image F dans laquelle se trouvent les pistes obtenues à partir d'une reprojection en utilisant le modèle théorique de caméra une fois la position théorique de l'avion déterminée, et des images synthétiques reconstruites des pistes correspondantes de l'installation aéroportuaire, puis il est fourni une information représentative d'une position estimée de l'aéronef à partir des scores de cohérence mémorisés.

[0049] La [Fig.4] illustre schématiquement le champ de vision (ou FOV) vu depuis la caméra frontale de l'aéronef 1 en approche finale vers l'installation aéroportuaire 100. Les pistes d'atterrissage 100a, 100b et 100c sont donc visibles dans le champ de vision de la caméra 10c, centré selon un axe de vision de la caméra 10c. Plus largement, d'autres éléments de l'installation aéroportuaire 100 sont visibles dans le champ de vision de la caméra 10c, mais ne sont pas représentés sur les figures, dans un but de simplification. De tels éléments non représentés sont par exemple des bâtiments et hall d'aéroports, une ou plusieurs tours de contrôle ainsi que des équipements inhérents au fonctionnement et à la desserte d'une installation aéroportuaire (centres de secours, routes, équipements de télécommunications, radars, etc.), ainsi que des aéronefs et véhicules terrestres.

[0050] La [Fig.5] représente une image F telle que résultante d'une prise de vue opérée par la caméra frontale 10c puis fournie par cette dernière. Ainsi l'image F comprend une représentation des pistes présentes dans le champ de vision, dès lors que les conditions de visibilité entre l'aéronef 1 et chacune des pistes d'atterrissage le permettent. Dans le cas où les conditions de visibilité ne permettent pas une représentation de toutes les pistes en présence dans le champ de vision de la caméra 10c, par exemple du fait d'une

nébulosité locale, la piste sélectionnée pour la détermination d'autant de positions théoriques de l'aéronef que de pistes recensées dans l'installation aéroportuaire 100 se fera en sélectionnant une piste visible dans l'image F. Il est donc tout à fait possible d'établir la position de l'aéronef par rapport à la piste de destination même si celle-ci n'est pas visible, mais que d'autres pistes de l'aéroport le sont.

- [0051] Bien évidemment, si aucune piste n'est visible dans l'image F, le procédé ne saurait être exécuté.
- [0052] La [Fig.6] illustre le résultat d'un module de détection d'objets opérant une détection d'objets de type piste d'atterrissage à partir de l'image F. Des boîtes englobantes 101a, 101b et 101c permettent d'identifier respectivement dans l'image F les pistes d'atterrissage 100a, 100b et 100c détectées.
- [0053] Les [Fig.7], [Fig.8] et [Fig.9] illustrent des reprojections des pistes 100a, 100b et 100c opérées dans l'image F en considérant successivement les différentes positions théoriques POS2, POS3 et POS1 de l'aéronef 1.
- [0054] La [Fig.7] illustre une reprojection des pistes 100a, 100b et 100c à partir de la position POS2 théorique précédemment déterminée à l'étape S2. La représentation de piste 102a est la reprojection de la piste 100a ; la représentation de piste 102b est la reprojection de la piste 100b et la représentation de piste 102c est la reprojection de la piste 100c. Selon un mode de réalisation, plus la cohérence est grande, plus le score de cohérence SC déterminé est élevé et inversement.
- [0055] Il est possible de constater une bonne cohérence globale des reprojections 102a, 102b et 102c de pistes avec les pistes 100a, 100b et 100c détectées et le score de cohérence SC déterminé pour cette position théorique POS2 est élevé.
- [0056] La [Fig.8] illustre une reprojection des pistes 100a, 100b et 100c à partir de la position POS3 théorique précédemment déterminée à l'étape S2. La représentation de piste 102a est la reprojection de la piste 100a ; la représentation de piste 102b est la reprojection de la piste 100b et la représentation de piste 102c est la reprojection de la piste 100c. Il est possible de constater une très mauvaise cohérence globale des reprojections 102a, 102b et 102c de pistes avec les pistes 100a, 100b et 100c détectées et le score de cohérence SC déterminé pour cette position théorique POS3 à l'étape S4 est bien donc inférieur à celui déterminé pour la position théorique POS2.
- [0057] La [Fig.9] illustre une reprojection des pistes 100a, 100b et 100c à partir de la position POS1 théorique précédemment déterminée à l'étape S2. La représentation de piste 102a est la reprojection de la piste 100a ; la représentation de piste 102b est la reprojection de la piste 100b et la représentation de piste 102c est la reprojection de la piste 100c. Tout comme pour la situation décrite ci-avant en relation avec la [Fig.8], il est possible de constater sur la [Fig.9] une très mauvaise cohérence globale des reprojections 102a, 102b et 102c de pistes avec les pistes 100a, 100b et 100c détectées et le

score de cohérence SC déterminé à l'étape S4 pour cette position théorique POS1 est lui aussi bien donc inférieur à celui déterminé pour la position théorique POS2.

- [0058] Ainsi, le système d'assistance à l'atterrissage est astucieusement configuré pour déterminer une position estimée POSA de l'aéronef et pour confirmer ou infirmer *in fine* la bonne position de l'aéronef face à la piste d'atterrissage de destination 100b prévue pour un atterrissage.
- [0059] La [Fig.10] est une représentation schématique d'un exemple d'architecture interne du système d'assistance à l'atterrissage 10, encore appelé ici dispositif d'assistance à l'atterrissage 10. Considérons à titre illustratif que la [Fig.10] illustre un agencement interne du système d'assistance à l'atterrissage 10 tel qu'embarqué dans l'aéronef 1. On note que la [Fig.10] pourrait aussi illustrer schématiquement un exemple d'architecture matérielle du système d'assistance à l'atterrissage 10 selon une configuration où le système d'assistance à l'atterrissage 10 est externe à l'aéronef 1 et communique avec ce dernier via un ou plusieurs liens de communication sans fil.
- [0060] Selon l'exemple d'architecture matérielle représenté à la [Fig.10], le système d'assistance à l'atterrissage 10 comprend alors, reliés par un bus de communication 19 : un processeur ou CPU (« Central Processing Unit » en anglais) 11 ; une mémoire vive RAM (« Random Access Memory » en anglais) 12 ; une mémoire morte ROM (« Read Only Memory » en anglais) 13 ; une unité de stockage telle qu'un disque dur (ou un lecteur de support de stockage, tel qu'un lecteur de cartes SD (« Secure Digital » en anglais) 14 ; un module d'interfaces de communication 15 permettant au système d'assistance à l'atterrissage 10 de communiquer avec des dispositifs distants, tels que d'autres systèmes embarqués de l'aéronef 1 parmi lesquels figure la caméra frontale 10c, un serveur de base de données, ou encore tel que l'aéronef 1, le cas échéant.
- [0061] Le processeur 11 du système d'aide à l'atterrissage 10 est capable d'exécuter des instructions chargées dans la RAM 12 à partir de la ROM 13, d'une mémoire externe (non représentée), d'un support de stockage (tel qu'une carte SD), ou d'un réseau de communication. Lorsque le système d'assistance à l'atterrissage 10 est mis sous tension, le processeur 11 est capable de lire de la RAM 12 des instructions et de les exécuter. Ces instructions forment un programme d'ordinateur causant la mise en œuvre, par le processeur 11, de tout ou partie d'un procédé d'assistance à l'atterrissage décrit en relation avec la [Fig.3] ou de variantes décrites de ce procédé.
- [0062] Tout ou partie du procédé décrit en relation avec la [Fig.3] ou ses variantes décrites peut être implémenté sous forme logicielle par exécution d'un ensemble d'instructions par une machine programmable, par exemple un DSP (« Digital Signal Processor » en anglais) ou un microcontrôleur, ou être implémenté sous forme matérielle par une machine ou un composant dédié, par exemple un FPGA (« Field-Programmable Gate Array » en anglais) ou un ASIC (« Application-Specific Integrated Circuit » en

anglais). En général, le système d'assistance à l'atterrissage 10 comprend de la circuiterie électronique configurée pour mettre en œuvre les procédés décrits en relation avec lui-même. Bien évidemment, le système d'assistance à l'atterrissage 10 comprend en outre tous les éléments usuellement présents dans un système comprenant une unité de contrôle et ses périphériques, tels que, un circuit d'alimentation, un circuit de supervision d'alimentation, un ou plusieurs circuits d'horloge, un circuit de remise à zéro, des ports d'entrées-sorties, des entrées d'interruptions, des drivers de bus, cette liste étant non exhaustive.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef (1) sur une piste d'atterrissage (100b) d'une installation aéroportuaire (100) de destination, ledit procédé comprenant :

- détecter une pluralité de pistes d'atterrissage (100a, 100b, 100c) dans une image (F) représentative d'une prise de vue opérée depuis l'aéronef (1).
- sélectionner une piste d'atterrissage détectée (100b) parmi ladite pluralité de pistes d'atterrissage détectées (100a, 100b, 100c) dans ladite image (F), et déterminer des points caractéristiques (a, b, c, d) de cette piste dans ladite image (F),
- déterminer autant de positions théoriques (POS1, POS2, POS3) de l'aéronef (1) qu'il n'y a de pistes d'atterrissage (100a, 100b, 100c) dans ladite installation aéroportuaire (100) de destination à partir des points caractéristiques (a, b, c, d) de la piste d'atterrissage sélectionnée (100b) dans ladite image (F), d'un algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue (F), de type « PnP », et des coordonnées desdits points caractéristiques (A, B, C, D) de chacune des pistes (100a, 100b, 100c) dans une base de données géodésiques (RWYDB), puis, pour chacune des positions théoriques (POS1, POS2, POS3) déterminées de l'aéronef :
 - effectuer une reprojection (102a, 102b, 102c) de chacune desdites pistes (100a, 100b, 100c) d'atterrissage dans ladite image (F) en utilisant ladite position théorique (POS1, POS2, POS3), lesdites coordonnées de ladite base de données géodésiques (RWYDB) et ledit algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type « PnP »,
 - établir et mémoriser un score de cohérence (SC) entre lesdits points caractéristiques (a, b, c, d) desdites pistes détectées dans ladite image (F) et lesdits points caractéristiques desdites pistes reprojetées (102a, 102b, 102c) dans ladite image (F), puis
- fournir une information (POSA) représentative d'une position

estimée de l'avion à partir des scores de cohérence mémorisés.

- [Revendication 2] Procédé d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef (1) selon la revendication 1, dans lequel l'étape de sélectionner une piste d'atterrissage (100b) comprend déterminer une piste d'atterrissage détectée comme étant la plus centrée parmi lesdites pistes d'atterrissage (100a, 100b, 100c) dans ladite image (F) ou celle présentant un indice de détection le plus élevé.
- [Revendication 3] Procédé d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef (1) selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel établir un score de cohérence (SC) entre lesdits points caractéristiques (a, b, c, d) desdites pistes détectées dans ladite image (F) et lesdits points caractéristiques desdites pistes re-projetées (102a, 102b, 102c) dans ladite image (F) comprend établir un indice de cohérence pour chaque paire de pistes comprenant une piste d'atterrissage détectée (100a, 100b, 100c) dans ladite image (F) et une piste d'atterrissage re-projetée (102a, 102b, 102c) dans ladite image (F) à partir d'une distance un barycentre de ladite piste détectée dans ladite image F et un barycentre de ladite piste re-projetée dans ladite image (F), puis, déterminer ledit score de cohérence à partir desdits indices.
- [Revendication 4] Procédé d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef (1) selon la revendication 3, dans lequel ledit score de cohérence est la moyenne desdits indices.
- [Revendication 5] Dispositif d'assistance à l'atterrissage (10) comprenant de la circuiterie électronique configurée pour :
- détecter une pluralité de pistes d'atterrissage (100a, 100b, 100c) dans une image (F) représentative d'une prise de vue opérée depuis l'aéronef (1) et déterminer des points caractéristiques (a, b, c, d) de piste pour chacune desdites pistes (100a, 100b, 100c) détectées dans ladite image (F),
 - sélectionner une piste d'atterrissage détectée (100b) parmi ladite pluralité de pistes d'atterrissage détectées (100a, 100b, 100c) dans ladite image (F),
 - déterminer autant de positions théoriques (POS1, POS2, POS3) de l'aéronef (1) qu'il n'y a de pistes d'atterrissage (100a, 100b, 100c) dans ladite installation aéroportuaire (100) de destination à partir des points caractéristiques (a, b, c, d) de la piste d'atterrissage sélectionnée (100b) dans ladite image

(F), d'un algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type « PnP » et des coordonnées desdits points caractéristiques (A, B, C, D) de chacune des pistes (100a, 100b, 100c) dans une base de données géodésiques (RWYDB), puis, pour chacune des positions théoriques (POS1, POS2, POS3) déterminées de l'aéronef :

- effectuer une reprojection (102a, 102b, 102c) de chacune desdites pistes (100a, 100b, 100c) d'atterrissage dans ladite image (F) en utilisant ladite position théorique (POS1, POS2, POS3), lesdites coordonnées de ladite base de données géodésiques (RWYDB) et ledit algorithme de détermination d'une position de l'aéronef par rapport à ladite piste à partir de la prise de vue, de type « PnP »,
 - établir et mémoriser un score de cohérence (SC) entre lesdits points caractéristiques (a, b, c, d) desdites pistes détectées dans ladite image (F) et lesdits points caractéristiques desdites pistes reprojctées dans ladite image, puis
- fournir une information (POSA) représentative d'une position estimée de l'avion à partir des scores de cohérence mémorisés.

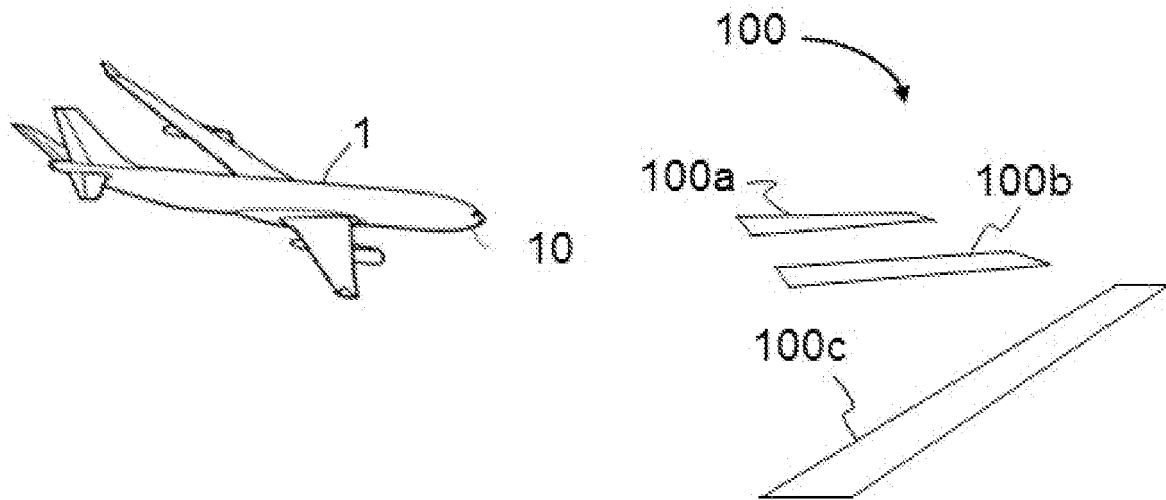
[Revendication 6] Dispositif d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef (1) selon la revendication 5, dans lequel la circuiterie électronique configurée pour établir un score de cohérence (SC) entre lesdits points caractéristiques (a, b, c, d) desdites pistes détectées dans ladite image (F) et lesdits points caractéristiques desdites pistes reprojctées (102a, 102b, 102c) dans ladite image (F) comprend de la circuiterie électronique configurée pour établir un indice de cohérence pour chaque paire de pistes comprenant une piste d'atterrissage détectée (100a, 100b, 100c) dans ladite image (F) et une piste d'atterrissage reprojctée (102a, 102b, 102c) dans ladite image (F) à partir d'une distance un barycentre de ladite piste détectée dans ladite image F et un barycentre de ladite piste reprojctée dans ladite image (F), puis, déterminer ledit score de cohérence à partir desdits indices.

[Revendication 7] Dispositif d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef (1) selon l'une des

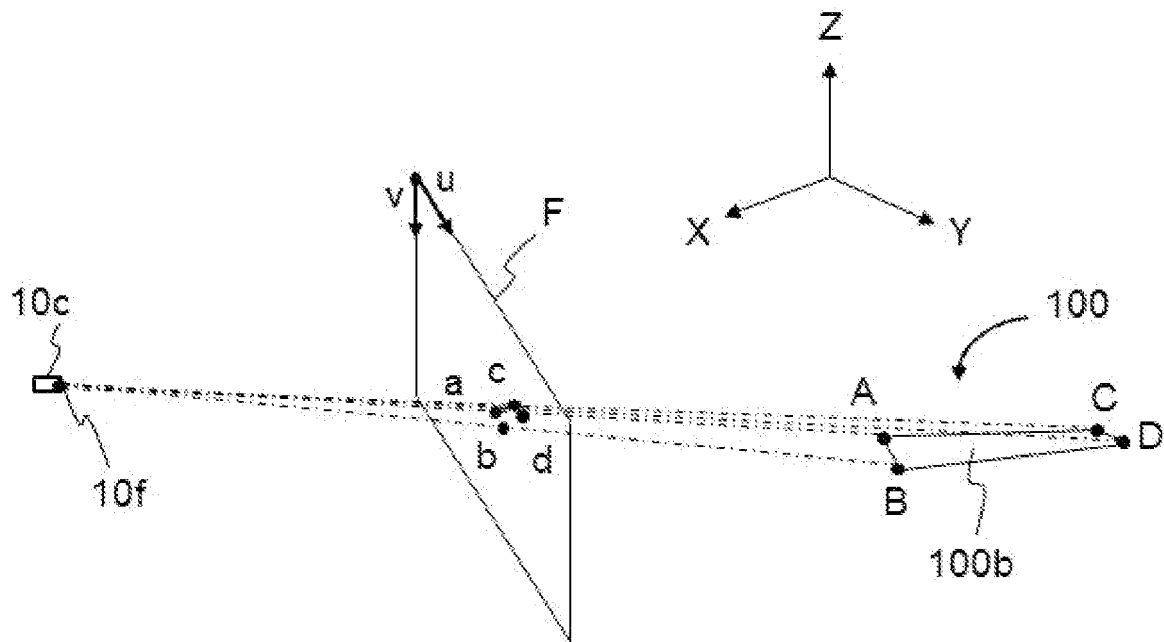
revendications 5 et 6, dans lequel établir un score de cohérence (SC) entre lesdits points caractéristiques (a, b, c, d) desdites pistes détectées dans ladite image (F) et lesdits points caractéristiques desdites pistes re-projetées (102a, 102b, 102c) dans ladite image (F) comprend établir un indice de cohérence pour chaque paire de pistes comprenant une piste d'atterrissage détectée (100a, 100b, 100c) dans ladite image (F) et une piste d'atterrissage reprojctée (102a, 102b, 102c) dans ladite image (F) à partir d'une distance un barycentre de ladite piste détectée dans ladite image F et un barycentre de ladite piste reprojctée dans ladite image (F), puis, déterminer ledit score de cohérence à partir desdits indices.

- [Revendication 8] Aéronef comprenant un dispositif d'assistance à l'atterrissage (10) selon l'une des revendications 5 à 7.
- [Revendication 9] Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour exécuter les étapes d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 4 lorsque lesdites instructions sont exécutées par un processeur d'un dispositif d'assistance à l'atterrissage d'un aéronef
- [Revendication 10] Dispositif de stockage comprenant un produit programme d'ordinateur selon la revendication 9.

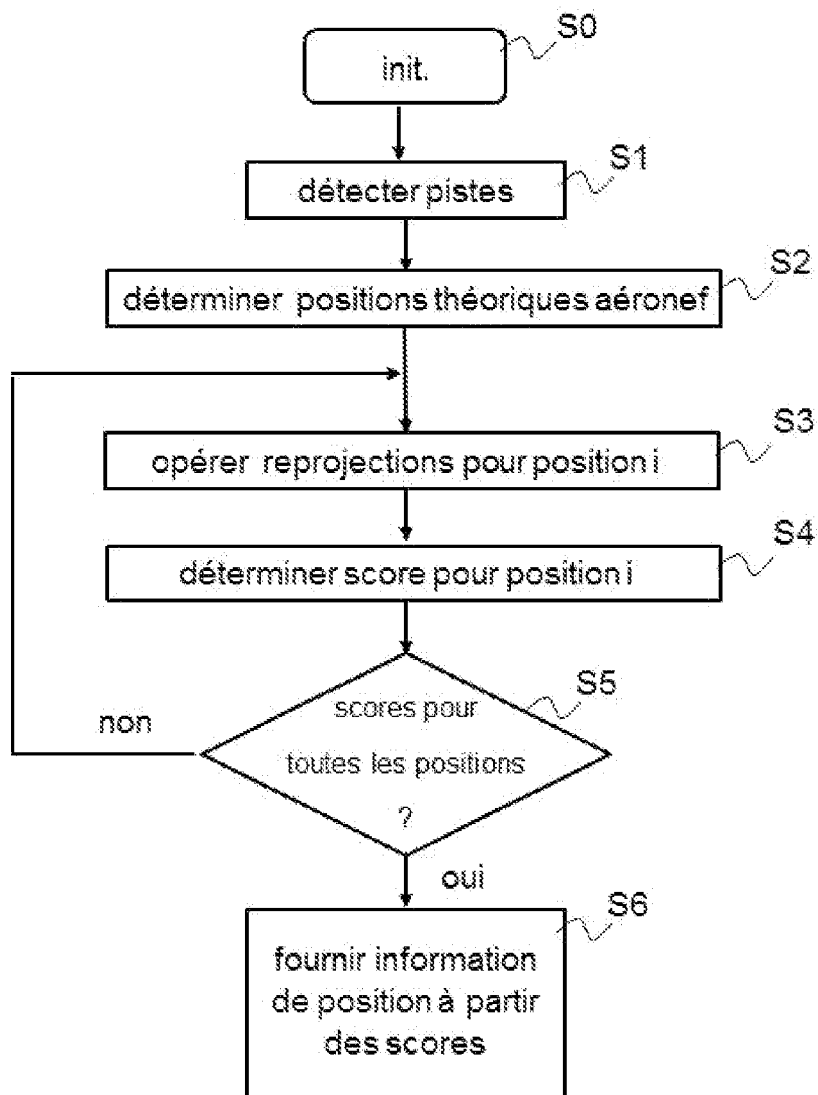
[Fig. 1]



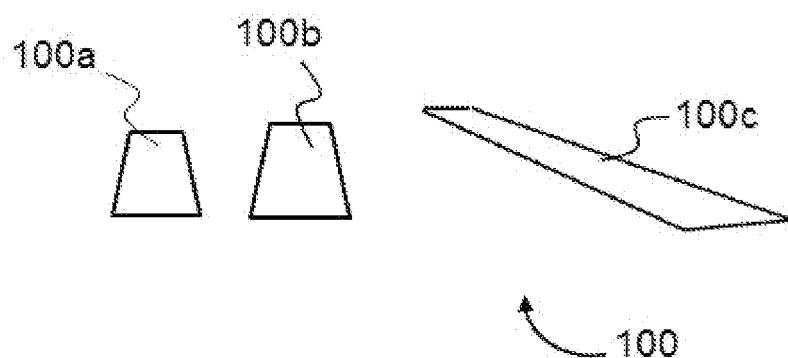
[Fig. 2]



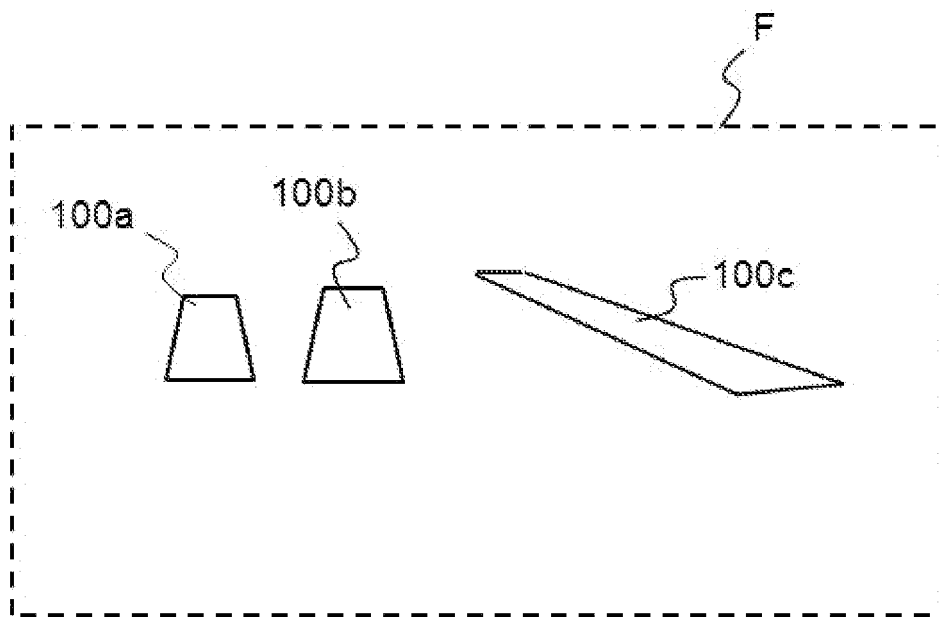
[Fig. 3]



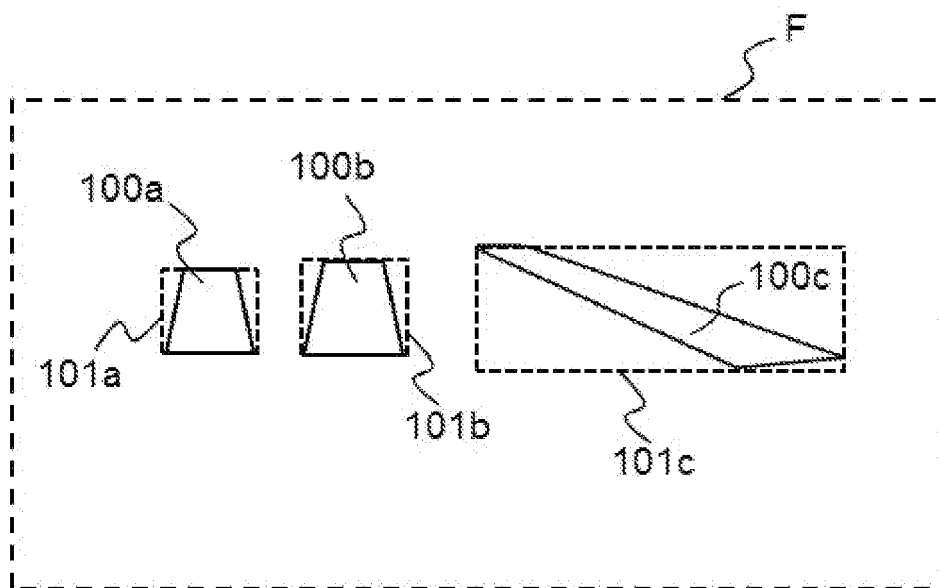
[Fig. 4]



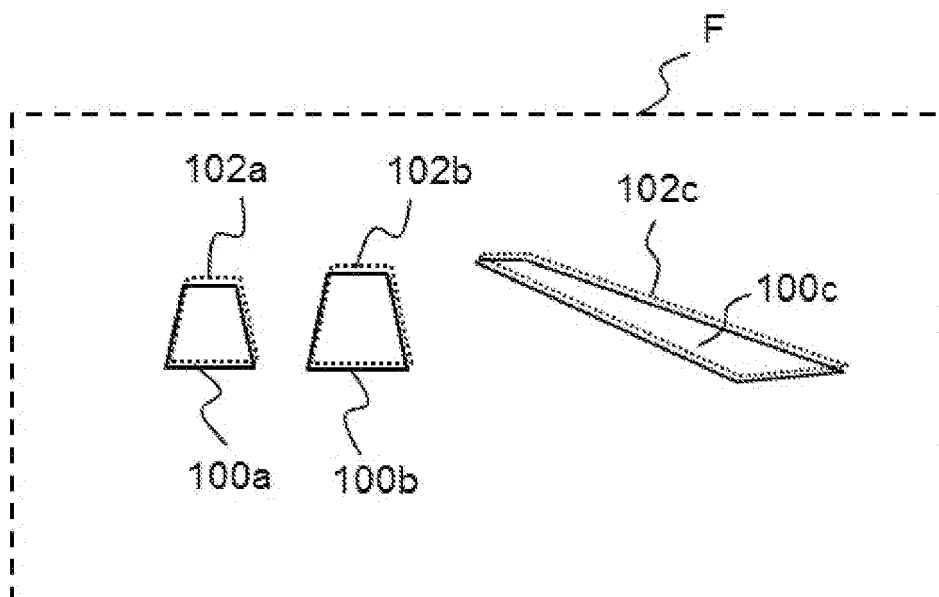
[Fig. 5]



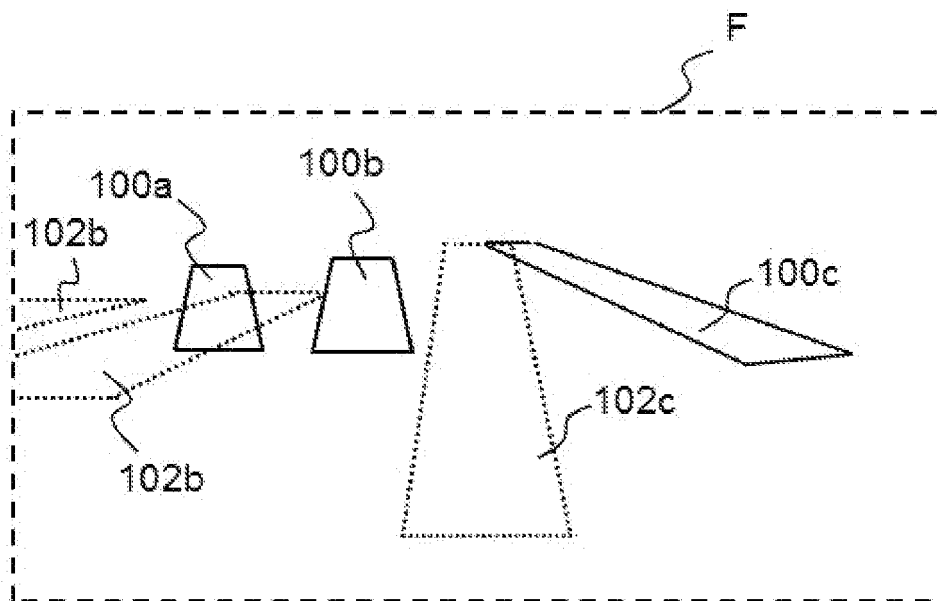
[Fig. 6]



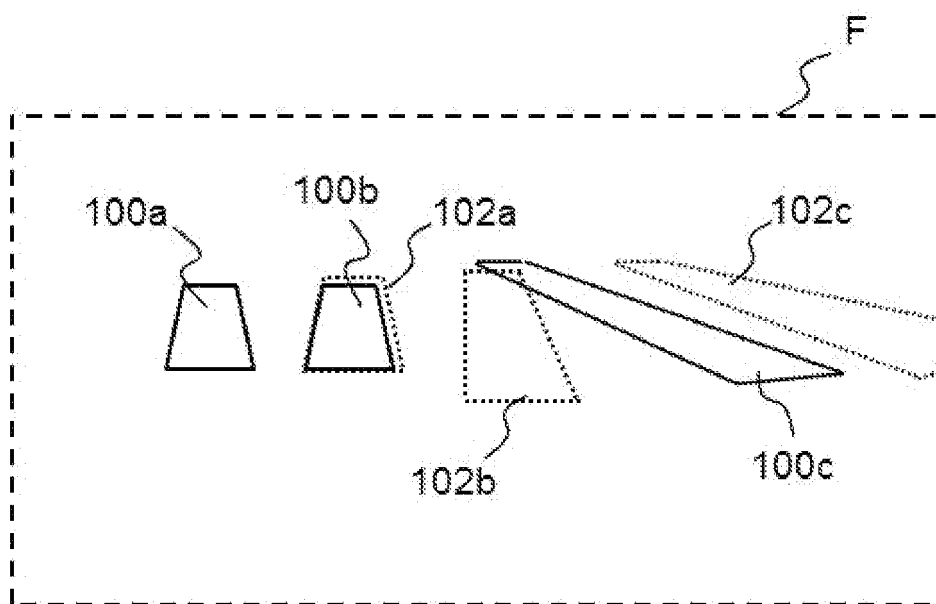
[Fig. 7]



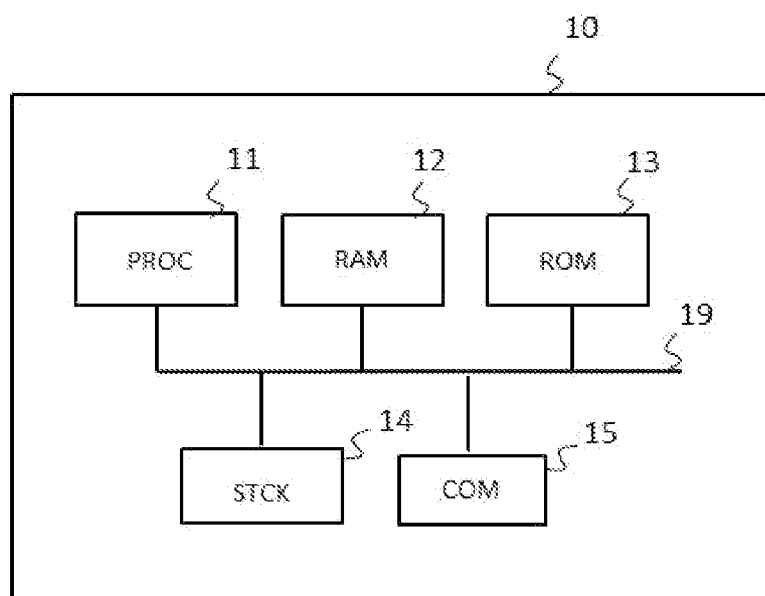
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 919462
FR 2305454

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		
X	US 2022/348353 A1 (TOUMAZET JEAN-JACQUES [FR] ET AL) 3 novembre 2022 (2022-11-03) * abrégé; figures 1, 2A, 4 * * alinéas [0005], [0008] - [0009], [0023] - [0024], [0031] - [0032], [0035] - [0037], [0054], [0056], [0060] * -----	1-10	B64D 45/04 G05D 1/08 G06T 3/00 G06T 7/73 G06T 7/77 G06V 10/25 G08G 5/00 G08G 5/02
X	US 2021/319709 A1 (ROSE ROBERT W [US] ET AL) 14 octobre 2021 (2021-10-14) * abrégé; figures 1A, 1B, 2A, 2B, 3B, 3C, 3D * * alinéas [0024] - [0026], [0060], [0063] - [0065] * -----	1-10	
X	US 2010/039294 A1 (FEYEREISEN THEA L [US] ET AL) 18 février 2010 (2010-02-18) * abrégé; figures 1, 2, 5 * * alinéas [0016], [0023] - [0026], [0029], [0033] * -----	1-10	
A	US 2020/285828 A1 (VIREPINTE JEAN-FRANÇOIS [FR] ET AL) 10 septembre 2020 (2020-09-10) * le document en entier * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G08G B64D G06V G06T G06F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 novembre 2023		Berland, Joachim	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2305454 FA 919462**

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 **22-11-2023**
 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
US 2022348353 A1	03-11-2022	FR 3122408 A1 US 2022348353 A1	04-11-2022 03-11-2022
US 2021319709 A1	14-10-2021	AUCUN	
US 2010039294 A1	18-02-2010	EP 2154665 A2 US 2010039294 A1	17-02-2010 18-02-2010
US 2020285828 A1	10-09-2020	FR 3093573 A1 US 2020285828 A1	11-09-2020 10-09-2020