

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 139 919

21 N° d'enregistrement national : 22 09378

51 Int Cl<sup>8</sup> : G 05 D 1/46 (2023.01), G 06 T 7/277, G 06 N 20/00

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 16.09.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 22.03.24 Bulletin 24/12.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE Société par actions Simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : MALTESE Dominique et FARJON Julien.

73 Titulaire(s) : SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE Société par actions Simplifiée.

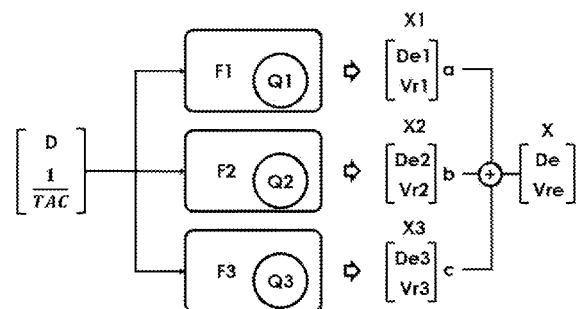
74 Mandataire(s) : Cabinet CAMUS LEBKIRI.

54 Procédé de contrôle de la trajectoire d'un aéronef.

57 Un aspect de l'invention concerne un procédé de contrôle d'un aéronef (A) comprenant au moins une caméra et un système de guidage configuré pour indiquer une trajectoire à l'aéronef (A), le procédé étant mis en œuvre par ordinateur et étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes:

Acquisition d'une distance (D) entre l'aéronef (A) et un obstacle (O) sur la trajectoire (Ta) de l'aéronef (A) et d'un temps avant collision de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O) à partir d'images de l'obstacle (O) obtenues par la caméra. Estimation d'au moins une vitesse radiale (Vr) de l'obstacle (O) en utilisant un filtre de Kalman étendu prenant en entrée ladite distance (D) et ledit temps avant collision de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O). Modification de la trajectoire de l'aéronef (A) par le système de guidage, en fonction de la valeur de vitesse radiale (Vr) estimée de l'obstacle (O) et de la distance (D) entre l'aéronef (A) et l'obstacle (O) de manière à éviter une collision de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O).

Figure à publier avec l'abrégié : Figure 2



FR 3 139 919 - A1



## Description

### Titre de l'invention : Procédé de contrôle de la trajectoire d'un aéronef

#### DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

- [0001] Le domaine technique de l'invention est celui de la navigation des objets volants et en particulier des aéronefs.
- [0002] La présente invention concerne un procédé de contrôle de la trajectoire d'un aéronef, et en particulier un procédé de contrôle de la trajectoire par estimation de vitesse radiale basé sur un filtre de Kalman étendu avec pour mesure en entrée une distance entre l'aéronef et l'obstacle et un « temps avant collision » entre l'aéronef et l'obstacle.

#### ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

- [0003] Dans la navigation d'aéronefs, la fonction de « detect and avoid » (pour « détecter et éviter ») est réalisée en se basant sur des mesures de distance entre l'aéronef et un obstacle à éviter sur la trajectoire de l'aéronef.
- [0004] Une telle fonction permet de percevoir ou de détecter (« detect ») un futur conflit de trafic aérien pouvant mener à une collision et de prendre les mesures appropriées pour éviter la survenance dudit conflit (« avoid »).
- [0005] Des systèmes actifs existent, tels que des radars à extrêmement haute fréquence (en anglais « Millimeter-Wave radar » ou « MMW radar ») ou des radars laser (en anglais « laser radar » ou « LADAR »). Ces systèmes actifs sont encombrants et chers, ce qui n'est pas souhaitable pour l'embarquement dans des aéronefs légers tels que des drones ou dans des aéronefs pour lesquels on cherche à réduire la masse comme les avions de tourisme.
- [0006] Des systèmes de détection d'obstacles passifs ont donc été développés, en utilisant par exemple des capteurs EO/IR (pour « Electro-Optique/Infra-Rouge »). Parmi les systèmes passifs, certains permettent d'obtenir une distance entre l'aéronef et l'obstacle, tandis que d'autres permettent d'obtenir un « temps avant collision » entre l'aéronef et l'obstacle. Le « temps avant collision », aussi abrégé « TTC » de l'anglais « Time-To-Collision », porte aussi les noms, en fonction du contexte, de « temps de trajectoire », abrégé « TTG » de l'anglais « Time-To-Go », et « Temps avant arrivée », abrégé « TTA » pour « Time-To-Arrival ».
- [0007] Le « temps avant collision » est défini comme le temps restant avant qu'une collision entre l'aéronef et l'obstacle ne se produise si leurs deux trajectoires et vitesses ne sont pas modifiées.
- [0008] La distance peut par exemple être obtenue par :
- Une estimation par intelligence artificielle par analyse d'images, comme

décrit dans FR3094081A1 « Procédé d'estimation passive du temps avant collision pour un aéronef ou de tout objet volant pouvant être guidé, procédé de navigation associé », dans lequel le temps avant collision est estimé par analyse d'images provenant d'une caméra embarquée, l'analyse étant réalisée par un réseau de neurones entraîné pour estimer le temps avant collision à partir de la taille de l'obstacle en pixels. La distance peut être estimée à chaque image. Un inconvénient de cette technique est que le temps avant collision et la distance entre l'aéronef et l'obstacle obtenus sont imprécis.

- de la télémétrie passive, aussi appelée "passive ranging" en anglais. Par exemple, une méthode de type « azimétrie » peut être utilisée, telle que présentée dans [« Utilization of modified polar coordinates for bearings-only tracking » - V.J. AIDALA, S.E. HAMMEL, IEEE, 2007, pp.741-752, doi: 10.1109/9780470544198.ch74]. L'azimétrie reconstitue la trajectoire de l'obstacle à partir de mesures d'azimut réalisées par l'aéronef.
- une utilisation de banques de filtres RPEKF (de l'anglais « range-parameterized extended Kalman filter » pour « filtre de Kalman étendu paramétré en distance » en français) initialisés sur des distances a priori, tel que présenté dans [« Recursive Bayesian Estimation - Bearings-only Applications » - R. KARLSSON, F. GUSTAFSSON, IEEE, Novembre 2005, DOI:10.1049/ip-rsn:20045073]. Le RPEKF peut donner de bons résultats si la distance est observable, car l'obstacle n'est suivi qu'en angulaire, et si les métadonnées sont de très bonnes qualités, car on veut alors obtenir une information en trois dimensions en n'ayant que deux informations angulaires et en observant la trajectoire de l'obstacle projetée dans le plan image du senseur optronique.

[0009] La précision en vitesse radiale est une exigence système importante pour intégrer un aéronef dans le trafic aérien. Pour avoir une bonne précision en vitesse radiale, c'est-à-dire une précision en vitesse radiale suffisante pour avoir une fonction « détecter et éviter » efficace dans un trafic aérien, il faut pouvoir extraire la distance et le temps avant collision avec une qualité suffisante. Le temps avant collision est généralement calculé en observant soit :

- La variation du signal émis par l'obstacle, le signal augmentant globalement lorsque la cible se rapproche (exemple dans les bandes infrarouges),
- la variation de la taille apparente de l'obstacle entre images, par exemple en nombre de pixels, qui augmente lorsque la cible se rapproche.

[0010] Connaissant le temps avant collision, il est possible de déduire la vitesse radiale, mais avec une précision telle qu'elle exige d'augmenter les performances en distance pour avoir une bonne qualité de vitesse radiale.

[0011] L'exigence d'erreur sur la vitesse radiale est la plus critique car si celle-ci est déterminée via l'estimation de distance, l'erreur de distance doit alors être réduite dans des niveaux pouvant être difficilement atteignables pour les technologies passives EO/IR.

[0012] Il existe donc un besoin d'obtenir, dans un aéronef implémentant un système de mesure passif, une meilleure estimation de vitesse radiale d'un obstacle que l'état de l'art.

### **Résumé de l'invention**

[0013] L'invention offre une solution aux problèmes évoqués précédemment, en permettant une meilleure estimation de vitesse radiale sans nécessiter de mesures de distance de meilleure qualité.

[0014] Un aspect de l'invention concerne ainsi un procédé de contrôle d'un aéronef comprenant au moins une caméra et un système de guidage configuré pour indiquer une trajectoire à l'aéronef, le procédé étant mis en œuvre par ordinateur et étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- Acquisition d'une distance entre l'aéronef et un obstacle sur la trajectoire de l'aéronef et d'un temps avant collision de l'aéronef avec l'obstacle à partir d'images de l'obstacle obtenues par la caméra,
- Estimation d'au moins une vitesse radiale de l'obstacle en utilisant un filtre de Kalman étendu prenant en entrée ladite distance et ledit temps avant collision de l'aéronef avec l'obstacle,
- Modification de la trajectoire de l'aéronef par le système de guidage, en fonction de la valeur de vitesse radiale estimée de l'obstacle et de la distance entre l'aéronef et l'obstacle de manière à éviter une collision de l'aéronef avec l'obstacle.

[0015] La présente invention utilise directement le temps avant collision de l'aéronef avec l'obstacle ainsi que la distance entre l'obstacle et l'aéronef pour obtenir, via un filtre de Kalman étendu (abrégé KEF, ou « EKF » de l'anglais « Extended Kalman Filter ») une vitesse radiale plus précise. Cette façon de procéder diminue la contrainte en distance autrement nécessaire si la vitesse radiale était obtenue par un autre moyen, comme dans l'art antérieur. De plus, l'invention permet d'utiliser un système optronique en le rendant plus pertinent pour réaliser une fonction de « détection et évitement » grâce à une obtention de vitesse radiale avec de bonnes performances, c'est-à-dire une vitesse radiale estimée plus proche de la vitesse radiale réelle de l'obstacle que dans l'art antérieur.

[0016] Outre les caractéristiques qui viennent d'être évoquées dans le paragraphe précédent, le procédé selon un aspect de l'invention peut présenter une ou plusieurs caracté-

ristiques complémentaires parmi les suivantes, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le filtre de Kalman étendu comprend un vecteur de mesure et un vecteur d'état, le vecteur de mesure comprenant la distance entre l'aéronef et l'obstacle et l'inverse du temps avant collision de l'aéronef avec l'obstacle, le vecteur d'état comprenant la distance entre l'aéronef et l'obstacle et la vitesse radiale de l'obstacle par rapport à l'aéronef.
- la distance entre l'aéronef et l'obstacle est obtenue par un procédé d'apprentissage automatique basé sur une analyse d'images, les images ayant été obtenues par une caméra embarquée dans l'aéronef.
- le temps avant collision de l'aéronef avec l'obstacle est obtenu par un procédé d'apprentissage automatique basé sur une analyse d'images, les images ayant été obtenues par une caméra embarquée dans l'aéronef.
- la vitesse radiale est obtenue par utilisation d'une pluralité de filtres de Kalman étendus, chaque filtre de Kalman étendu de la pluralité de filtres de Kalman étendus modélisant un régime cinématique de l'obstacle parmi une pluralité de régimes cinématiques de l'obstacle, le régime cinématique modélisé par chaque filtre de Kalman étendu de la pluralité de filtres de Kalman étendus étant différent du régime cinématique modélisé par les autres filtres de Kalman étendus de la pluralité de filtres de Kalman étendus.
- chaque filtre de Kalman étendu de la pluralité de filtres de Kalman étendus comprend un vecteur d'état représentatif du régime cinématique modélisé par le filtre de Kalman étendu pondéré par une probabilité de réalisation du régime cinématique, la vitesse radiale étant comprise dans un vecteur d'état étant le barycentre des vecteurs d'états des filtres de Kalman étendus de la pluralité de filtres de Kalman étendus.

[0017] Un autre aspect de l'invention concerne un aéronef configuré pour mettre en œuvre le procédé de contrôle d'aéronef selon l'invention, l'aéronef comprenant au moins une caméra et un système de guidage configuré pour indiquer une trajectoire à l'aéronef.

[0018] Un autre aspect de l'invention concerne un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé de contrôle d'un aéronef selon l'invention.

[0019] Un autre aspect de l'invention concerne un support d'enregistrement lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé de contrôle d'un aéronef selon l'invention.

[0020] L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la

description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent.

## **BREVE DESCRIPTION DES FIGURES**

- [0021] Les figures sont présentées à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.
- La [Fig.1] montre une représentation schématique d'un système comprenant un obstacle et un aéronef configuré pour estimer la vitesse radiale selon l'invention,
  - La [Fig.2] montre une représentation schématique d'un filtre de Kalman étendu multi-modèles d'un mode de réalisation de l'invention,
  - La [Fig.3] montre une représentation schématique d'un procédé de contrôle d'un aéronef selon l'invention,
  - Les Figures 4A à 4C montrent des représentations graphiques de résultats pour un filtre de Kalman étendu modélisant un régime cinématique non-manœuvrant de l'obstacle O avec la distance D seule comprise dans le vecteur de mesure du filtre de Kalman étendu,
  - Les Figures 5A à 5C montrent des représentations graphiques de résultats pour un filtre de Kalman étendu modélisant un régime cinématique non-manœuvrant de l'obstacle O avec la distance D et le temps avant collision TAC comprise dans le vecteur de mesure du filtre de Kalman étendu,
  - Les Figures 6A à 6D montrent des représentations graphiques de résultats pour un filtre de Kalman étendu multi-modèles avec la distance D et le temps avant collision TAC comprise dans le vecteur de mesure du filtre de Kalman étendu.

## **DESCRIPTION DETAILLEE**

[0022] Sauf précision contraire, un même élément apparaissant sur des figures différentes présente une référence unique.

[0023] La [Fig.1] montre une représentation schématique d'un système comprenant un obstacle et un aéronef configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'invention. L'obstacle O représenté à la [Fig.1] suit une trajectoire  $T_o$ . L'aéronef A représenté à la [Fig.1] suit une trajectoire  $T_a$ . Préférentiellement, la trajectoire  $T_a$  est déterminée par un système de guidage embarqué dans l'aéronef A, c'est-à-dire que le système de guidage détermine une trajectoire en fonction d'informations de configuration et/ou d'un procédé de détermination de trajectoire, par exemple en fonction d'un point de départ, d'un point d'arrivée, et de paramètres. De tels paramètres peuvent être des tâches à réaliser, des étapes, des objectifs, une vitesse moyenne entre le départ et l'arrivée, une durée de trajectoire. La trajectoire  $T_a$  de l'aéronef A peut comprendre des périodes sans mouvement de l'aéronef A.

[0024] Un aéronef est un dispositif de transport volant capable de se mouvoir dans les airs.

Par « transport » on entend capable de transporter au moins un être humain ou au moins un objet, par exemple une caméra, un colis, un processeur ou tout autre objet. L'aéronef A peut être un aéronef sans pilote, par exemple un drone, notamment un drone de taille moyenne, ou un aéronef avec pilote, par exemple, mais non limitativement, un planeur, un planeur ultra-léger motorisé (aussi appelé « ULM »), un hélicoptère ou encore un avion de tourisme, notamment un avion monomoteur ou bimoteur. L'aéronef A comprend un processeur, par exemple dans un ordinateur de bord, configuré pour estimer la vitesse radiale  $V_r$  de l'obstacle O, qui sera décrit dans la suite de la description et/ou un procédé de contrôle de l'aéronef A en fonction de la vitesse radiale  $V_r$  estimée de l'obstacle O qui sera également décrit dans la suite de la description. Le procédé selon l'invention est mis en œuvre par le processeur en exécutant des instructions, stockées sur une mémoire, distante ou comprise dans l'aéronef A. L'exécution des instructions par le processeur conduit le processeur à mettre en œuvre le procédé de contrôle de l'aéronef A selon l'invention.

- [0025] Un obstacle O de l'aéronef A est un objet se situant ou destiné à se situer sur la trajectoire  $T_a$  de l'aéronef A, c'est-à-dire que la trajectoire  $T_o$  de l'obstacle O croise à un instant  $t$  la trajectoire  $T_a$  de l'aéronef en un point de collision C. Lorsque l'aéronef A n'est pas en mouvement, c'est-à-dire lorsqu'il est statique, un obstacle O est un objet dont la trajectoire  $T_o$  passe par l'aéronef A. Un objet qui ne croise jamais l'aéronef A peut être considéré comme étant un obstacle O par l'aéronef A s'il existe un risque que l'objet entre en collision avec l'aéronef A. L'aéronef A peut être configuré pour considérer que chaque intrus, c'est-à-dire chaque objet entrant dans son champ de vision, présente un risque d'entrer en collision avec l'aéronef A et est donc un obstacle O.
- [0026] L'invention a pour objectif d'estimer la vitesse radiale  $V_r$  de l'obstacle O par rapport à l'aéronef A. L'estimation est réalisée par ordinateur, préférentiellement un ordinateur embarqué dans l'aéronef A. Ainsi, l'invention a pour objet un procédé mis en œuvre par ordinateur. Avec la distance D et la vitesse radiale  $V_r$ , il est possible d'éviter une collision de l'aéronef A avec l'obstacle O en modifiant la trajectoire  $T_a$  de l'aéronef A par le système de guidage.
- [0027] La vitesse radiale  $V_r$  est la vitesse de l'obstacle O projetée sur un axe d'observation de l'aéronef A, par exemple sur l'axe 1 représenté en pointillés à la [Fig.1]. L'aéronef A comprend au moins une caméra qui a donc pour fonction d'acquérir des images. La caméra est configurée pour acquérir une pluralité d'images de l'obstacle O. La caméra permet préférentiellement l'acquisition d'images selon une pluralité de longueurs d'onde différentes, par exemple dans le domaine du visible et/ou de l'infrarouge, de préférence dans l'infrarouge semi-lointain et/ou dans l'infrarouge lointain, afin de permettre d'estimer la vitesse radiale  $V_r$  selon l'invention quelles que soient les

conditions de visibilité, et de permettre une détection nocturne de l'obstacle O.

[0028] La distance D est la distance entre l'aéronef A et l'obstacle O. La distance D peut être obtenue, comme décrit dans l'art antérieur, via un procédé d'apprentissage automatique mis en œuvre par l'aéronef A analysant les images obtenues par la caméra. Le procédé d'apprentissage automatique met par exemple en œuvre un réseau de neurones. La distance D est alors fournie par le procédé d'apprentissage automatique à plusieurs instants, réguliers ou non.

[0029] Le temps avant collision TAC est le temps avant collision entre l'aéronef A et l'obstacle O suivant chacun leur trajectoire respective Ta et To. Le temps avant collision TAC peut être obtenu par analyse d'images, par exemple par la variation de taille apparente en pixels de l'obstacle O entre images d'une suite d'images de l'obstacle O obtenues par la caméra.

[0030] Pour estimer la vitesse radiale Vr, l'invention propose l'utilisation d'un filtre de Kalman étendu, prenant en entrée la distance D entre l'aéronef A et l'obstacle O et le temps avant collision de l'aéronef A avec l'obstacle O. Le filtre de Kalman étendu permet de filtrer la distance et la vitesse radiale Vr, c'est-à-dire que la distance D estimée et la vitesse radiale Vr estimée sont lissées et moins bruitées que dans l'art antérieur. Ainsi, la distance D en entrée du filtre de Kalman étendu peut être imprécise tout en obtenant une vitesse radiale Vr estimée avec de bonnes performances, c'est-à-dire plus précise que dans l'art antérieur. Le filtre de Kalman étendu permet de gérer un espace de mesure  $z = \begin{bmatrix} D \\ \frac{1}{TAC} \end{bmatrix}$  différent de l'espace de filtrage  $X = \begin{bmatrix} D \\ Vr \end{bmatrix}$ .

Comme le temps avant collision peut être obtenu de la façon suivante :  $TAC = -\frac{D}{Vr}$ , il y a non-linéarité entre l'espace de mesure et l'espace de filtrage. L'utilisation d'un filtre de Kalman étendu permet de gérer cette non-linéarité.

[0031] Le filtre de Kalman étendu comprend un vecteur de mesure dans l'espace de mesure et un vecteur d'état dans l'espace de filtrage. Préférentiellement, le vecteur de mesure  $z = \begin{bmatrix} D \\ \frac{1}{TAC} \end{bmatrix}$  comprend la distance D entre l'aéronef A et l'obstacle O et l'inverse du temps avant collision TAC de l'aéronef A avec l'obstacle O. L'inverse du temps avant collision TAC permet d'éviter les problèmes de convergence de filtre quand l'obstacle O a une vitesse radiale Vr nulle. Un obstacle O peut avoir une vitesse radiale Vr nulle par exemple lorsque l'obstacle O est immobile, par exemple une montgolfière. Le vecteur d'état  $X = \begin{bmatrix} D \\ Vr \end{bmatrix}$  comprend la distance D entre l'aéronef A et l'obstacle O et la vitesse radiale Vr de l'obstacle O par rapport à l'aéronef A.

[0032] Un filtre de Kalman fonctionne en deux phases : une phase de prédiction et une

phase d'estimation. La phase de prédiction utilise le vecteur d'état  $X_{k-1}$  à un état précédent, par exemple à l'instant k-1, et cherche à prédire la valeur du vecteur d'état  $X_k$  à un état courant, par exemple à l'instant courant k. La phase d'estimation utilise le vecteur de mesure z observé à l'instant courant k pour corriger l'état prédit  $X_k$  à l'instant courant k afin d'obtenir une prédiction plus précise.

[0033] Le fonctionnement du filtre de Kalman étendu selon l'invention va donc maintenant être décrit.

[0034] Phase de prédiction :

[0035] La phase de prédiction débute par le calcul du vecteur d'état de passage de l'instant k à l'instant k+1, par exemple avec une image obtenue par la caméra à l'instant k et une deuxième image obtenue par la caméra à l'instant k+1, le vecteur d'état se calcule alors comme suit :

$$X_{k+1/k} = F * X_{k/k}$$

[0036] Avec  $F = \begin{bmatrix} 1 & dT \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$  pour un mouvement à vitesse constant de l'obstacle O, avec

dT l'écart temporel entre deux instants (par exemple, à 10Hz, dT = 0.1 seconde).

[0037] Avec  $X_{k/k} = \begin{bmatrix} D \\ V_r \end{bmatrix}$  le vecteur d'état estimé à l'instant k et  $X_{k+1/k} = \begin{bmatrix} D \\ V_r \end{bmatrix}$  : vecteur

d'état prédit à l'instant k+1 connaissant l'estimée à l'instant courant k.

[0038] A ce vecteur d'état prédit  $X_{k+1/k}$  correspond la matrice de covariance prédite :

$$[0039] \quad P_{k+1/k} = F * P_{k/k} * F^T + Q$$

[0040] avec  $P_{k/k}$  la matrice de covariance estimée en  $\begin{bmatrix} D \\ V_r \end{bmatrix}$ ,  $P_{k+1/k}$  la matrice de covariance

prédite en  $\begin{bmatrix} D \\ V_r \end{bmatrix}$ ,  $F^T$  la transposée de F, Q la matrice de modélisation du régime ci-

nématique de l'obstacle O. Par exemple, Q peut être exprimée de la façon suivante :

$$[0041] \quad Q = \sigma^2 * \begin{bmatrix} \frac{dT^4}{4} & \frac{dT^3}{2} \\ \frac{dT^3}{2} & dT^2 \end{bmatrix}$$

[0042] avec  $\sigma$  l'incrément en accélération exprimé en m/s<sup>2</sup> du régime cinématique de l'obstacle O.

[0043] Estimation

[0044] Dans la phase d'estimation, car le vecteur de mesures est  $z = \begin{bmatrix} D \\ \frac{1}{TAC} \end{bmatrix}$ , le jacobien H

doit être calculé, de la façon suivante :

$$[0045] \quad H = \left[ \frac{dZ}{dX} \right] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{TAC * D} & -\frac{1}{D} \end{bmatrix}$$

[0046] Avec la distance D nulle en cas de collision entre l'aéronef A et l'obstacle O.

[0047] Ensuite, le vecteur d'état à l'instant k+1 suivant l'instant courant k, comprenant la valeur de vitesse radiale Vr et de distance estimée De, se calcule comme suit :

$$[0048] \quad X_{k+1/k+1} = X_{k+1/k} + K_{k+1} * (Z_{k+1} - h(X_{k+1/k}))$$

[0049] Et la matrice de covariance associée au vecteur d'état à l'instant k+1 :

$$[0050] \quad P_{k+1/k+1} = (I - K_{k+1} * H) * P_{k+1/k}$$

$$[0051] \quad \text{Avec } h(x) = \left[ X_{k+1/k} (1); - \left( \frac{X_{k+1/k} (2)}{X_{k+1/k} (1)} \right) \right]^T \text{ et } X_{k+1/k} \text{ le vecteur } \begin{bmatrix} D \\ Vr \end{bmatrix}.$$

[0052] Avec  $K_{k+1}$  le gain de Kalman, calculé en prenant en compte le jacobien H et les bruits de mesure  $D(\sigma_D)$  et  $\frac{1}{TAC} \left( \sigma_{\frac{1}{TAC}} = \frac{\sigma_{TAC}}{TAC^2} \right)$ .

[0053] Le gain de Kalman  $K_{k+1}$  est obtenu en calculant tout d'abord la matrice S, comme suit :

$$[0054] \quad S = H * P_{k+1/k} * H^T + M$$

[0055] avec M la matrice de bruit mesure en  $\begin{bmatrix} D \\ \frac{1}{TAC} \end{bmatrix}$ :

$$[0056] \quad M = \begin{bmatrix} \sigma_D^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{1/TAC}^2 \end{bmatrix}$$

[0057] où  $\sigma_D^2$  est la covariance de bruit en distance D, et  $\sigma_{D/TAC}^2$  est la covariance de bruit en  $\frac{1}{TAC}$  et  $\sigma_{1/TAC}^2 = \frac{\sigma_{TAC}^2}{TAC^4}$ .

[0058] Le gain de Kalman est alors calculé selon :

$$[0059] \quad K_{k+1} = P_{k+1/k} * H^T * S^{-1}$$

[0060] Le filtre de Kalman étendu fonctionne avec un vecteur d'état initial  $X_{0/0}$ , c'est-à-dire à un instant initial 0. Selon l'invention, le vecteur d'état initial  $X_{0/0}$  est initialisé de la façon suivante :

$$[0061] \quad X_{0/0} = \begin{bmatrix} D_0 \\ -D_0 \\ \frac{1}{TAC_0} \end{bmatrix}$$

[0062] Avec  $D_0$  une distance initiale correspondant à la première distance obtenue par analyse d'images, et  $TAC_0$  un temps avant collision initial correspondant au premier temps avant collision obtenu par analyse d'images.

[0063] La matrice de covariance associée au vecteur d'état initial est :

$$[0064] \quad P_{0/0} = \begin{bmatrix} \sigma_D^2 & B \\ B & A \end{bmatrix} \text{ avec :}$$

$$[0065] \quad B = - \frac{\sigma_D^2}{TAC_0}$$

[0066] Et

$$[0067] \quad A = \frac{\sigma_D^2}{TAC_0^2} + \frac{D_0^2 * \sigma_{TAC}^2}{TAC^4}$$

- [0068] Le temps avant collision TAC et la distance D étant considérés comme étant deux mesures décorréliées obtenues au même instant.
- [0069] La prise en compte du temps avant collision TAC dès l'initialisation du filtre entraine une meilleure convergence du filtre de Kalman.
- [0070] L'invention porte aussi sur un filtre de Kalman étendu permettant de gérer les cas dans lesquels seule une mesure du temps avant collision TAC a été réalisée pour l'instant courant k. Dans un tel cas, le filtre de Kalman étendu utilise la mesure de distance D la plus récente à laquelle il a accès, par exemple car les mesures en distance D sont stockées dans une mémoire, par exemple la mesure de distance D réalisée à l'instant précédent k-1, mémorisé dans le vecteur d'état.
- [0071] Dans un mode de réalisation, l'estimation de vitesse radiale  $V_r$  de l'obstacle O par rapport à l'aéronef A est réalisée en utilisant plusieurs filtres de Kalman étendu, que l'on peut aussi considérer comme étant un filtre de Kalman étendu multi-modèles. Dans ce mode de réalisation, une pluralité de filtres de Kalman étendus modélisent chacun un régime cinématique différent de l'obstacle O. On entend par « un filtre Kalman étendu modélise un régime cinématique » le fait que le filtre de Kalman étendu prenne en compte, dans la matrice Q de modélisation de régime cinématique, un régime cinématique particulier de l'obstacle O. Par exemple, comme représenté à la [Fig.2], si la pluralité de filtres de Kalman étendus comprend trois filtres de Kalman étendus, un premier filtre de Kalman étendu F1 peut modéliser via la matrice Q1 un régime cinématique correspondant à un obstacle O non manœuvrant par rapport à l'aéronef A, c'est-à-dire un obstacle O immobile par rapport à l'aéronef A, un deuxième filtre de Kalman étendu F2 peut modéliser via la matrice Q2 un régime cinématique correspondant à un obstacle O manœuvrant en distance par rapport à l'aéronef A, et un troisième filtre de Kalman étendu F3 peut modéliser via la matrice Q3 un régime cinématique correspondant à un obstacle O très manœuvrant en distance par rapport à l'aéronef A, c'est-à-dire un obstacle O ayant de nombreux mouvements.
- [0072] Dans un tel cas, c'est-à-dire dans le mode de réalisation multi-modèles, chaque filtre de Kalman étendu prend en entrée le même vecteur de mesure  $z = \begin{bmatrix} D \\ \frac{1}{TAC} \end{bmatrix}$ . C'est le cas des trois filtres F1 à F3 de la [Fig.2]. Chaque filtre F1 à F3 comprend respectivement une matrice Q1 à Q3 de modélisation de régime cinématique, chaque matrice Q1 à Q3 modélisant un régime cinématique de l'obstacle O différent des autres régimes cinématiques. Chaque filtre F1 à F3, à chaque instant, fournit en sortie un vecteur d'état respectivement X1 à X3 de l'instant courant. Chaque vecteur d'état X1 à X3 comprend une estimation de la vitesse radiale  $V_{r1}$  à  $V_{r3}$  de l'obstacle O par rapport à l'aéronef A, modélisée selon le régime cinématique correspondant dans les matrices Q1 à Q3. Le vecteur d'état X résultant du filtre multi-modèles est alors le barycentre des vecteurs

d'état X1 à X3 pondérés par une probabilité de réalisation du régime cinématique par l'obstacle O. La probabilité associée à chaque vecteur X1 à X3 est notée a, b et c respectivement. Les probabilités a à c sont les probabilités que l'obstacle O réalise des manœuvres se situant dans le régime cinématique représenté par la matrice respectivement Q1 à Q3.

[0073] Le vecteur d'état estimé Xk/k est alors le barycentre des vecteur d'état Xik/k des filtres F1 à F3 pondérés par leur probabilité de réalisation Pri :

$$[0074] \quad X_{k/k} = \sum_{i=1}^3 X_{k/k}^i * Pr_i$$

[0075] La matrice de covariance associée est :

$$[0076] \quad P_{k/k} = \sum_{i=1}^3 P_{k/k}^i * Pr_i + \sum_{i=1}^3 (X_{k/k} - X_{k/k}^i) * (X_{k/k} - X_{k/k}^i)^T * Pr_i =$$

$$\sum_{i=1}^3 (P_{k/k}^i + (X_{k/k} - X_{k/k}^i) * (X_{k/k} - X_{k/k}^i)^T) * Pr_i$$

[0077] Pri à l'instant k+1 suivant l'instant courant k est mis à jour à chaque mesure comme suit en utilisant la probabilité de réalisation du même régime cinématique à l'instant courant k :

$$[0078] \quad Pr_i(k+1) \propto Pr_i(k) * e^{-\frac{d^2}{2}} \quad \text{avec } d^2 \text{ l'innovation normalisée du filtre correspondant au régime cinématique où } d^2 = [(Z_{k+1} - h(X_{k+1/k}))^T * S^{-1} * (Z_{k+1} - h(X_{k+1/k}))].$$

[0079] L'invention permet, dans le mode de réalisation multi-modèles, une prise en compte des différentes capacités de déplacement de l'obstacle O. Les différents régimes cinématiques peuvent être prévus par configuration, par exemple stockés dans un fichier. Les probabilités de réalisation des régimes cinématiques peuvent aussi être stockées dans un fichier. Enfin, les régimes cinématiques peuvent être liés à un type d'obstacle O. Le type d'obstacle O peut être détecté par analyse d'image, et les différents régimes cinématiques associés à ce type d'obstacle O peuvent alors être récupérés et utilisés dans un filtre de Kalman multi-modèles, permettant une meilleure précision de la vitesse radiale Vr.

[0080] Un autre aspect de l'invention porte sur un procédé 1 de contrôle de l'aéronef A représenté à la [Fig.3]. Le procédé 1 comprend trois étapes :

- Une première étape 11 d'acquisition d'une distance D entre l'aéronef A et l'obstacle O et d'un temps avant collision TAC de l'aéronef A avec l'obstacle O à partir d'images de l'obstacle O obtenues par la caméra. Cette étape 11 est réalisée par la caméra de l'aéronef A.
- Un deuxième étape 12 d'estimation de la vitesse radiale Vr de l'obstacle O en utilisant un filtre de Kalman étendu prenant en entrée la distance D entre l'aéronef A et l'obstacle O et le temps avant collision de l'aéronef A avec l'obstacle O, tel que présenté précédemment. Cette estimation est par exemple

mise en œuvre par un processeur compris dans l'aéronef A, à partir de la distance D et du temps avant collision TAC acquis à l'étape 11, fournis en entrée du filtre de Kalman étendu, à modèle unique ou multi-modèles.

- Une troisième étape 13 de modification de la trajectoire Ta de l'aéronef A par le système de guidage de l'aéronef A, en fonction de la valeur de vitesse radiale Vr estimée de l'obstacle O et de la distance estimée De entre l'aéronef A et l'obstacle O afin d'éviter une collision de l'aéronef A avec l'obstacle O. La vitesse radiale Vr et la distance estimée De sont les informations contenues dans le vecteur d'état en sortie du filtre de Kalman étendu à chaque instant.

[0081] Pour illustrer les gains obtenus par l'invention en termes de performances sur la distance D et la vitesse radiale Vr, le tableau suivant présente une comparaison de l'invention avec un filtre de Kalman prenant en entrée la distance D seule. Les cas 1 et 2 montrent les résultats obtenus sans biais en distance D avec une erreur en distance de 40% (+/- 20% par rapport à la distance vraie) respectivement par l'invention et par un filtre de Kalman avec la distance D en entrée seule. Les cas 3 et 4 montrent les résultats obtenus par l'invention avec un biais de 10% en distance D et une erreur en distance D de 20% (+/- 10% par rapport à la distance vraie) respectivement par l'invention et par un filtre de Kalman avec la distance D en entrée seule.

[0082] [Tableaux1]

	Filtre de KALMAN "D+TAC" (CAS 1)	Filtre de KALMAN "D" (CAS 2)	Filtre de KALMAN "D+TAC" (CAS 3)	Filtre de KALMAN "D" (CAS 4)
	<u>Situation :</u>	<u>Situation :</u>	<u>Situation :</u>	<u>Situation :</u>
	*Pas de biais en distance	*Pas de biais en distance	*Biais en distance de 10%	*Biais en distance de 10%
	*Erreur en distance : 40% (±20% par rapport à donnée vraie)	*Erreur en distance : 40% (±20% par rapport à donnée vraie)	*Erreur en distance : 20% (±10% par rapport à donnée vraie)	*Erreur en distance : 20% (±10% par rapport à donnée vraie)
Erreur en distance estimée (m)	-13.6 ± 139.6	-12.60 ± 160.7	-204.28 ± 191.7	-201.09 ± 140.3
% erreur en distance estimée	0.12 ± 7.6	0.22 ± 10.50	10.41 ± 4.5	10.29 ± 5.2
Erreur en vitesse radiale (m/s)	1.11 ± 12.2	19.65 ± 191.6	13.11 ± 12.2	27.36 ± 95.1
% Erreur en vitesse radiale en sortie Kalman	0.65 ± 3.4	26.30 ± 311.9	9.51 ± 8.5	31.36 ± 114.1
% Erreur en vitesse radiale en combinant TAC à distance id	3.15 ± 20.7	3.07 ± 19.8	12.90 ± 18.1	12.88 ± 17.6

[0083] Le tableau 1 montre des erreurs vitesse radiale Vr en sortie de filtre de Kalman étendu bien inférieures pour les cas 1 et 3 par rapport respectivement aux cas 2 et 4.

[0084] Les figures 4A, 4B et 4C, 5A, 5B et 5C et 6A, 6B, 6C et 6D montrent des graphiques représentant des métriques relatives aux performances de l'invention par instant. Chaque métrique est représentée graphiquement par instant, c'est-à-dire par exemple par image, les instants 0 à 200 correspondant aux images 0 à 200 captées par la

caméra. Alternativement, un instant peut être un instant auquel une distance est obtenue en sortie du filtre de Kalman étendu.

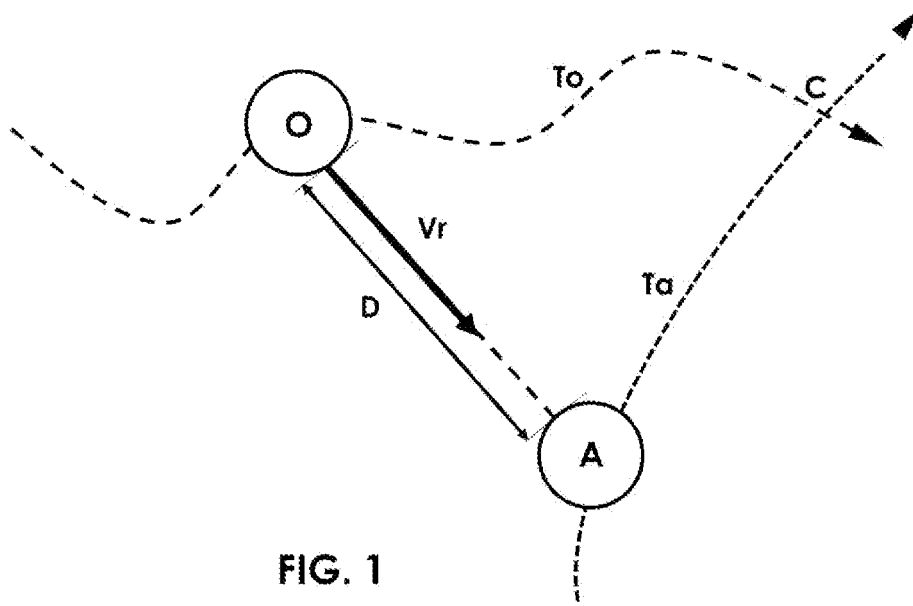
- [0085] Les [Fig.4A], [Fig.4B] et [Fig.4C] montrent respectivement la distance estimée  $D_e$  en mètres, les erreurs en distance estimée  $D_e$  en mètres et les erreurs en vitesse radiale  $V_r$  en mètres par seconde par instant pour un filtre de Kalman étendu modélisant un régime cinématique non-manœuvrant de l'obstacle O avec la distance D seule comprise dans le vecteur de mesure du filtre de Kalman étendu.
- [0086] Les [Fig.5A], [Fig.5B] et [Fig.5C] montrent respectivement la distance estimée  $D_e$  en mètres, les erreurs en distance estimée  $D_e$  en mètres et les erreurs en vitesse radiale  $V_r$  en mètres par seconde par instant pour un filtre de Kalman étendu modélisant un régime cinématique non-manœuvrant de l'obstacle O avec la distance D et le temps avant collision TAC comprise dans le vecteur de mesure du filtre de Kalman étendu.
- [0087] Les [Fig.6A], [Fig.6B], [Fig.6C] et [Fig.6D] montrent respectivement la distance estimée  $D_e$  en mètres, la probabilité de réalisation de chaque modèle, les erreurs en distance estimée  $D_e$  en mètres et les erreurs en vitesse radiale  $V_r$  en mètres par seconde par instant pour un filtre de Kalman étendu multi-modèles avec la distance D et le temps avant collision TAC compris dans le vecteur de mesure du filtre de Kalman étendu.
- [0088] La distance estimée  $D_e$  aux figures 4A, 5A et 6A est représentée par une ligne continue et la distance vraie est représentée par des points en forme d'étoile.
- [0089] La probabilité de réalisation  $P_r$  représentée à la [Fig.6B] est représentée par des points sous forme de pentagone pour une modélisation du régime cinématique très manœuvrant TM, par des points sous forme de rond pour une modélisation du régime cinématique manœuvrant M et par des points sous forme d'étoile pour une modélisation du régime cinématique non manœuvrant NM.

## Revendications

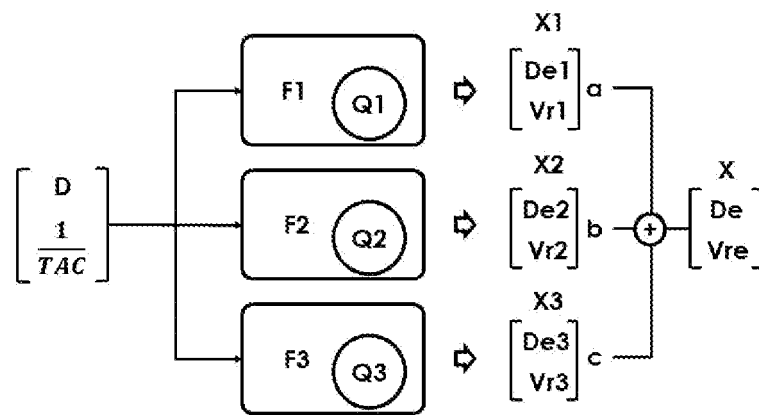
- [Revendication 1] Procédé (1) de contrôle d'un aéronef (A) comprenant au moins une caméra et un système de guidage configuré pour indiquer une trajectoire (Ta) à l'aéronef (A), le procédé (1) étant mis en œuvre par ordinateur et étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- Acquisition (11) d'une distance (D) entre l'aéronef (A) et un obstacle (O) sur la trajectoire (Ta) de l'aéronef (A) et d'un temps avant collision de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O) à partir d'images de l'obstacle (O) obtenues par la caméra,
  - Estimation (12) d'au moins une vitesse radiale (Vr) de l'obstacle (O) en utilisant un filtre de Kalman étendu prenant en entrée ladite distance (D) et ledit temps avant collision de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O),
  - Modification (13) de la trajectoire (Ta) de l'aéronef (A) par le système de guidage, en fonction de la valeur de vitesse radiale (Vr) estimée de l'obstacle (O) et de la distance (D) entre l'aéronef (A) et l'obstacle (O) de manière à éviter une collision de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O).
- [Revendication 2] Procédé (1) selon la revendication précédente selon lequel le filtre de Kalman étendu comprend un vecteur de mesure et un vecteur d'état, le vecteur de mesure comprenant la distance (D) entre l'aéronef (A) et l'obstacle (O) et l'inverse du temps avant collision de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O) et le vecteur d'état comprenant la distance (D) entre l'aéronef (A) et l'obstacle (O) et la vitesse radiale (Vr) de l'obstacle (O) par rapport à l'aéronef (A).
- [Revendication 3] Procédé (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes selon lequel la distance (D) de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O) est obtenue par un procédé d'apprentissage automatique basé sur une analyse d'images, les images ayant été obtenues par une caméra embarquée dans l'aéronef (A).
- [Revendication 4] Procédé (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes selon lequel le temps avant collision de l'aéronef (A) avec l'obstacle (O) est obtenu par un procédé d'apprentissage automatique basé sur une analyse d'images, les images ayant été obtenues par une caméra embarquée dans l'aéronef (A).

- [Revendication 5] Procédé (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes selon lequel la vitesse radiale ( $V_r$ ) est obtenue par utilisation d'une pluralité de filtres de Kalman étendus, chaque filtre de Kalman étendu de la pluralité de filtres de Kalman étendus modélisant un régime cinématique de l'obstacle (O) par rapport à l'aéronef (A) parmi une pluralité de régimes cinématiques de l'obstacle (O) par rapport à l'aéronef (A), le régime cinématique modélisé par chaque filtre de Kalman étendu de la pluralité de filtres de Kalman étendus étant différent du régime cinématique modélisé par les autres filtres de Kalman étendus de la pluralité de filtres de Kalman étendus.
- [Revendication 6] Procédé (1) selon les revendications 2 et 5 selon lequel chaque filtre de Kalman étendu de la pluralité de filtres de Kalman étendus comprend un vecteur d'état représentatif du régime cinématique modélisé par le filtre de Kalman étendu pondéré par une probabilité de réalisation du régime cinématique, la vitesse radiale ( $V_r$ ) étant comprise dans un vecteur d'état étant le barycentre des vecteurs d'états des filtres de Kalman étendus de la pluralité de filtres de Kalman étendus.
- [Revendication 7] Aéronef (A) configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'aéronef (A) comprenant au moins une caméra et un système de guidage configuré pour indiquer une trajectoire à l'aéronef (A).
- [Revendication 8] Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé (1) de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.
- [Revendication 9] Support d'enregistrement lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé (1) de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

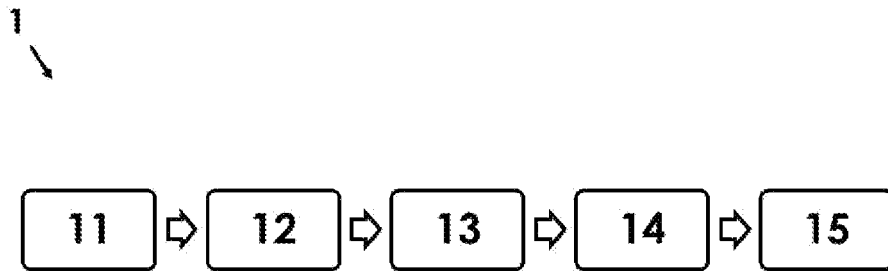


FIG. 3

[Fig. 4A]

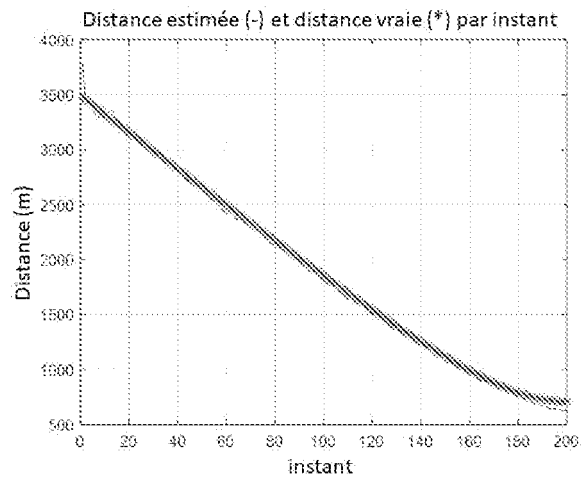
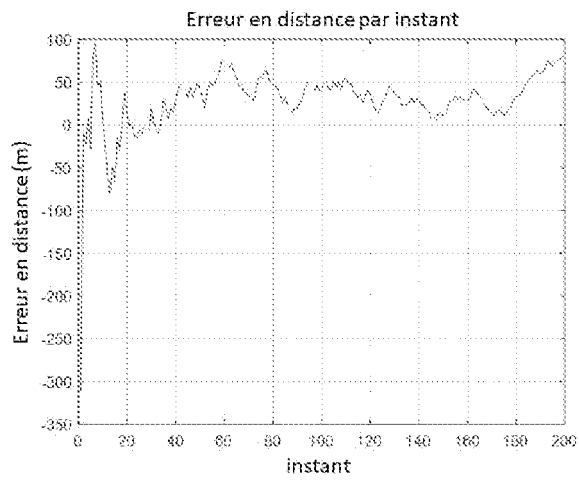
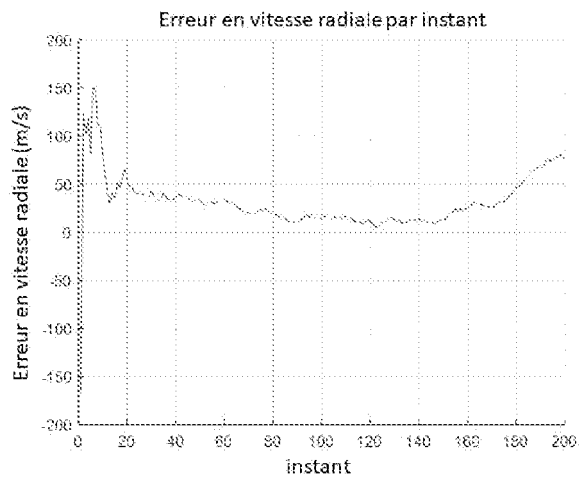


FIG. 4A

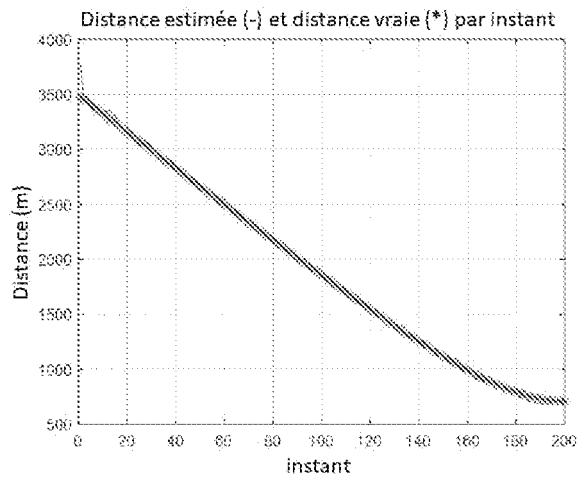
[Fig. 4B]

**FIG. 4B**

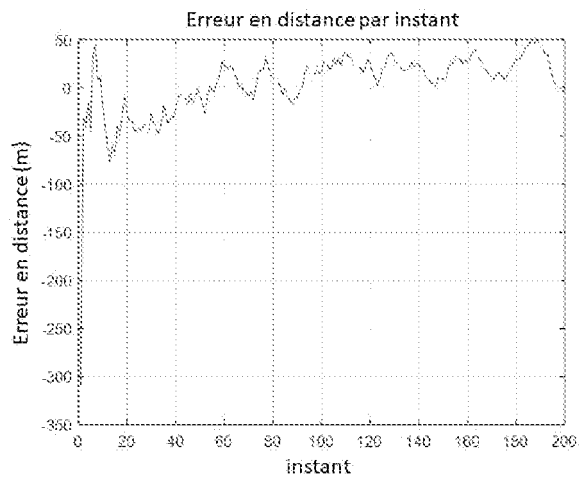
[Fig. 4C]

**FIG. 4C**

[Fig. 5A]

**FIG. 5A**

[Fig. 5B]

**FIG. 5B**

[Fig. 5C]

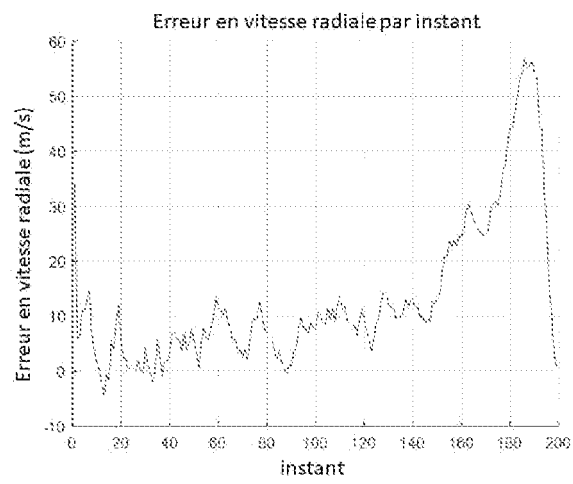


FIG. 5C

[Fig. 6A]

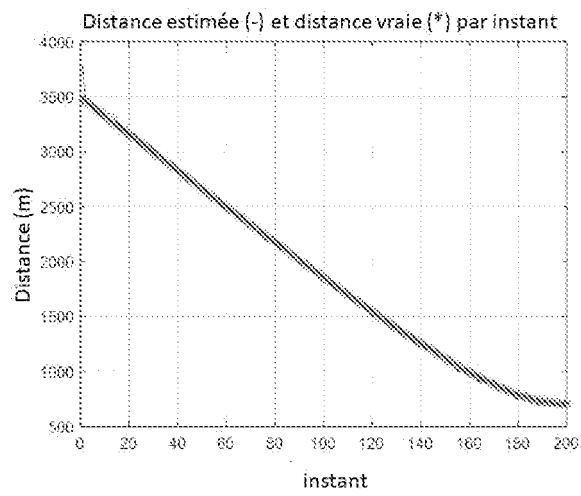


FIG. 6A

[Fig. 6B]

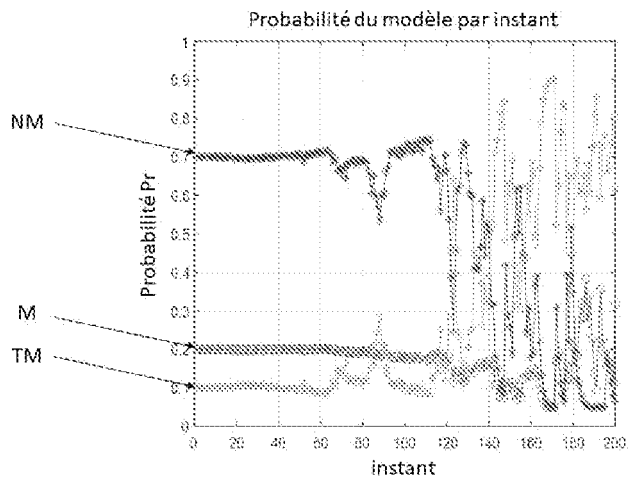


FIG. 6B

[Fig. 6C]

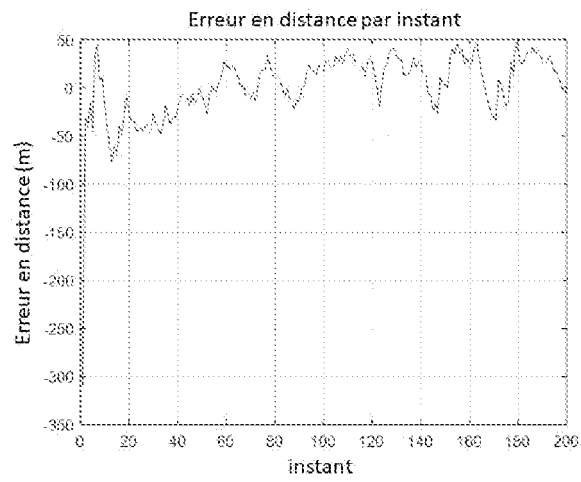
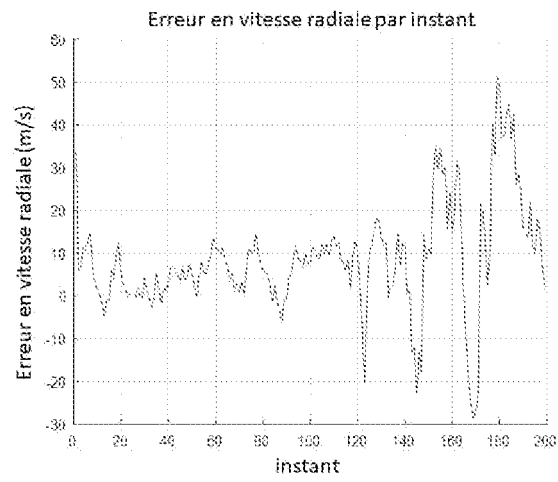


FIG. 6C

[Fig. 6D]

**FIG. 6D**

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 911485**  
**FR 2209378**

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		
<b>X</b>	<b>EP 2 159 779 A1 (SAAB AB [SE])</b> <b>3 mars 2010 (2010-03-03)</b>	<b>1, 2, 7-9</b>	<b>G05D1/02</b> <b>G06T7/277</b> <b>G06N20/00</b>
<b>Y</b>	<b>* alinéas [0023], [0025], [0030],</b>	<b>3, 4</b>	
<b>A</b>	<b>[0035] - [0037], [0039], [0042],</b> <b>[0052], [0065]; revendications 1, 8, 11;</b> <b>figures 2, 4, 9 *</b>	<b>5, 6</b>	
<b>Y, D</b>	<b>FR 3 094 081 A1 (SAFRAN [FR])</b> <b>25 septembre 2020 (2020-09-25)</b>	<b>3, 4</b>	
<b>A</b>	<b>* alinéas [0095], [0127]; revendications</b> <b>1, 12; figures 1, 5-6 *</b>	<b>1, 2, 5-9</b>	
<b>A</b>	<b>FR 3 020 892 A1 (SAGEM DEFENSE SECURITE</b> <b>[FR]) 13 novembre 2015 (2015-11-13)</b> <b>* page 9, lignes 25-30; revendications</b> <b>1, 4, 6, 8-10 *</b>	<b>1-9</b>	
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b>
			<b>G05D</b> <b>G08G</b>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>13 février 2023</b>		<b>Mallet, Philippe</b>	
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 2209378 FA 911485**

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 **13-02-2023**  
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	
<b>EP 2159779</b>	<b>A1</b>	<b>03-03-2010</b>	<b>BR PI0918818 A2</b>	<b>01-12-2015</b>
			<b>EP 2159779 A1</b>	<b>03-03-2010</b>
			<b>ES 2400708 T3</b>	<b>11-04-2013</b>
			<b>US 2011210872 A1</b>	<b>01-09-2011</b>
			<b>WO 2010024751 A1</b>	<b>04-03-2010</b>
-----				
<b>FR 3094081</b>	<b>A1</b>	<b>25-09-2020</b>	<b>AUCUN</b>	
-----				
<b>FR 3020892</b>	<b>A1</b>	<b>13-11-2015</b>	<b>CN 106463066 A</b>	<b>22-02-2017</b>
			<b>EP 3143608 A1</b>	<b>22-03-2017</b>
			<b>FR 3020892 A1</b>	<b>13-11-2015</b>
			<b>MX 360561 B</b>	<b>07-11-2018</b>
			<b>US 2017178519 A1</b>	<b>22-06-2017</b>
			<b>WO 2015173033 A1</b>	<b>19-11-2015</b>
-----				