

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/136224 A2

(43) Date de la publication internationale
02 juillet 2020 (02.07.2020)

(51) Classification internationale des brevets :
G01C 21/16 (2006.01) *G06F 11/16* (2006.01)
G05D 1/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2019/087047

(22) Date de dépôt international :
26 décembre 2019 (26.12.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1874358 28 décembre 2018 (28.12.2018) FR
1900718 28 janvier 2019 (28.01.2019) FR

(71) Déposant : **SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE**
[FR/FR] ; 18-20 Quai du Point du Jour, 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT (FR).

(72) Inventeurs : **DAVAIN, Loïc** ; c/o SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE, 18-20 Quai du Point du Jour, 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT (FR). **SALAMEH, Thomas** ; c/o SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE, 18-20 Quai du Point du Jour, 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT (FR).

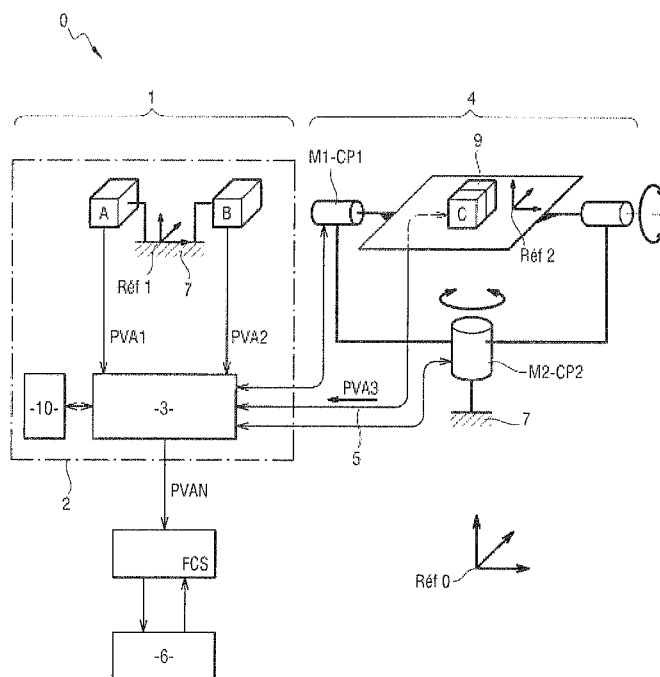
(74) Mandataire : **LAVIALLE, Bruno** et al. ; c/o CABINET BOETTCHER, 16 rue Médéric, 75017 PARIS (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: AIRCRAFT COMPRISING AN AVIONIC SYSTEM WITH AN IMPROVED LOCATING DEVICE

(54) Titre : AERONEF COMPRENANT UN SYSTEME AVIONIQUE AVEC DISPOSITIF DE LOCALISATION AMELIOREE

[Fig. 1]



(57) **Abstract:** Aircraft (0) comprising an avionics system (1) that comprises: - a flight control unit (FCS); and - a locating device (2) that comprises a computing unit (3) and at least two inertial navigation systems for delivering raw location information (PVA1, PVA2) to the computing unit (3), which is suitable for determining critical location information (PVAN) of the aircraft using at least some of said raw location information (PVA1, PVA2). The aircraft (1) comprises: - a piece of equipment (4) that is external to the avionics system (1), which comprises at least one inertial measurement unit (C) that delivers raw location information (PVA3) of the external piece of equipment, the computing unit (3) determining said critical location information (PVAN) using this raw location information (PVA3) of the external piece of equipment (4).

[Suite sur la page suivante]

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2(g))*

(57) Abrégé : Aéronef (0) comprenant un système avionique (1) qui comprend: - une unité de commande de vol (FCS); et - un dispositif de localisation (2) qui comporte une unité de calcul (3) et au moins deux centrales de navigation inertielle pour délivrer des informations brutes de localisation (PVA1, PVA2) à l'unité de calcul (3) qui est adaptée à déterminer une information fiabilisée de localisation (PVAN) de l'aéronef en utilisant certaines au moins desdites informations brutes de localisation (PVA1, PVA2). L'aéronef (1) comporte: - un équipement externe (4) au système avionique (1) comprenant au moins une unité de mesure inertielle (C) fournissant une information brute de localisation (PVA3) de l'équipement externe, l'unité de calcul (3) déterminant ladite information fiabilisée de localisation (PVAN) en utilisant cette information brute de localisation (PVA3) de l'équipement externe (4).

AERONEF COMPRENANT UN SYSTEME AVIONIQUE AVEC DISPOSITIF DE LOCALISATION AMELIOREE**Objet de l'invention**

L'invention concerne le domaine des aéronefs comprenant un système avionique et un dispositif de localisation embarqué sur l'aéronef.

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

Afin de se repérer dans l'espace lors de son déplacement, l'aéronef est habituellement équipé d'un dispositif de localisation appartenant au système avionique de l'aéronef.

Comme la localisation de l'aéronef est une fonction particulièrement critique, le dispositif de localisation de l'aéronef comporte généralement plusieurs centrales de navigation inertielle comprenant chacune une unité inertielle, ces centrales de navigation étant redondantes ou complémentaires.

Chaque unité de mesure inertielle des centrales de navigation est agencée pour délivrer à une unité de calcul de l'aéronef, une information brute de localisation de l'aéronef.

En fonction des différentes informations brutes de localisation reçues par l'unité de calcul, celle-ci détermine une information fiabilisée de localisation de l'aéronef.

Cette information fiabilisée de localisation est utilisée par l'unité de commande de vol pour commander les actionneurs de commande de vol et ainsi piloter le déplacement de l'aéronef.

L'usage de plusieurs centrales de navigation inertielle et donc de plusieurs unités de mesure inertielle pour la génération de l'information fiabilisée de localisation permet une redondance de l'information brute de localisation de l'aéronef utile en cas de défaillance de l'une des centrales de navigation inertielle et/ou de l'une des unités de mesure inertiel d'une de ces centrales.

Typiquement, le dispositif de localisation de l'aéronef est relié à trois centrales de navigation inertielle distinctes qui délivrent chacune, via son unité de mesure inertielle, une information brute de localisation.

- 5 Chacune de ces centrales de navigation inertielle est développée pour présenter un niveau d'intégrité minimum définit par une erreur de localisation maximale à ne pas dépasser et par un pourcentage minimum de disponibilité dans le temps.
- 10 Une centrale de navigation inertielle est considérée comme défaillante dès lors qu'elle délivre une information brute de localisation présentant une erreur de localisation supérieure à l'erreur maximale à ne pas dépasser ou qu'elle ne délivre plus l'information brute de localisation.
- 15 La fiabilité du dispositif de localisation dépend donc de la fiabilité individuelle de chacune de ses centrales de navigation inertielle et du nombre de ces centrales de navigation inertielle.
- Ainsi, on utilise généralement trois centrales de navigation inertielle et un dispositif de détection de panne de ces centrales pour identifier si l'une de ces
- 20 trois centrales de navigation délivre une information brute de localisation incohérente vis-à-vis des informations brutes de localisation délivrées par les deux autres
- 25 centrales de navigation.
- La présence de trois centrales de navigation inertielle est donc nécessaire pour pouvoir identifier une centrale en panne parmi ces trois centrales.
- La présence de trois centrales augmente le coût de
- 30 fabrication de l'aéronef.

OBJET DE L'INVENTION

Un objet de la présente invention est de fournir une information fiabilisée de localisation pour aéronef disposant d'un nombre réduit de centrales de navigation

inertielle et cela même en cas de panne de l'une de ces centrales de navigation inertielle.

RESUME DE L'INVENTION

Afin de répondre à cet objet, il est proposé selon
5 l'invention un aéronef comprenant un système avionique qui comprend :

- une unité de commande de vol ; et
- un dispositif de localisation qui comporte une unité de calcul et au moins deux centrales de navigation inertielle
10 comprenant chacune une unité de mesure inertielle, chacune de ces centrales de navigation étant agencée pour délivrer une information brute de localisation à l'unité de calcul qui est adaptée à déterminer une information fiabilisée de localisation de l'aéronef en utilisant certaines au moins
15 desdites informations brutes de localisation.

L'aéronef selon l'invention est essentiellement caractérisé en ce qu'il comporte :

- un équipement externe au système avionique agencé pour réaliser une fonction opérationnelle indépendamment du
20 fonctionnement du système avionique et comprenant au moins une unité de mesure inertielle fournissant une information brute de localisation de l'équipement externe ; et
- une liaison de transmission de cette information brute de localisation de l'équipement externe vers l'unité de
25 calcul du dispositif de localisation du système avionique et l'unité de calcul étant agencée pour déterminer ladite information fiabilisée de localisation de l'aéronef en utilisant cette information brute de localisation de l'équipement externe.

30 Pour la compréhension de l'invention, le terme « information brute de localisation (PVA3) de l'équipement externe » désigne l'une au moins des données comprises

parmi une position vis-à-vis d'un référentiel externe à l'aéronef et/ou une vitesse vis-à-vis d'un référentiel externe à l'aéronef et/ou une attitude vis-à-vis d'un référentiel externe à l'aéronef et/ou des données
5 accélérométriques et/ou des données gyrométriques permettant d'estimer des déplacements de l'aéronef sans nécessairement indiquer une localisation exacte de l'aéronef vis-à-vis du référentiel externe à l'aéronef.
L'information fiabilisée de localisation est une
10 information de localisation de l'aéronef qui est déterminée par l'unité de calcul suite à un processus utilisant plusieurs des informations brutes de localisation reçues par cette unité de calcul.
L'information est dite fiabilisée car sa détermination ne
15 dépend pas que d'une seule information brute de localisation mais car sa détermination dépend de plusieurs des informations brutes de localisation.
L'aéronef selon l'invention est particulièrement
avantageux car il dispose toujours d'une information
20 fiabilisée de localisation même si une de ses centrales de navigation est en panne, c'est-à-dire qu'elle ne délivre pas d'information brute de localisation ou que cette information brute de localisation est incohérente vis-à-vis des autres informations brutes de localisation.
25 En effet, comme l'unité de calcul reçoit des informations brutes de localisation desdites au moins deux centrales de navigation inertielle et de l'unité de mesure inertielle de l'équipement externe, elle est en mesure d'utiliser ces trois informations brutes de localisation pour savoir si
30 l'une de ces informations brutes est incohérente vis-à-vis des deux autres informations brutes. En cas de détection d'une information brute de localisation incohérente, l'unité de calcul dispose toujours d'au moins deux informations brutes cohérentes entre elles pour déterminer
35 l'information fiabilisée de localisation. Il est à noter

que l'information fiabilisée de localisation peut être calculée en fonction de la seule information brute cohérente générée par l'une des centrales de navigation.

5 L'aéronef selon l'invention est ainsi avantageux car il continue à disposer d'une information fiabilisée de localisation même en cas de panne de l'une de ses centrales de navigation.

10 L'ajout d'une liaison de transmission d'une information brute de localisation produite par l'équipement externe et l'usage de cette information brute de localisation produite par l'équipement externe pour déterminer l'information fiabilisée de localisation présente l'avantage de pouvoir réduire le nombre de centrales de navigation à deux centrales sans compromettre l'intégrité de l'information
15 fiabilisée.

La réduction du nombre de centrales de navigation permet une réduction de masse et d'encombrement.

20 Ceci est d'autant plus avantageux que les centrales de navigation inertielle et leurs unités de mesure inertielle qui appartiennent au système avionique de l'aéronef sont généralement coûteuses car elles réalisent des fonctions critiques et elles doivent répondre à des niveaux de fiabilité importants.

25 Contrairement à cela, les unités de mesure inertielle qui appartiennent à des équipements externes au système avionique sont généralement moins coûteuses car elles sont développées pour réaliser des fonctions moins critiques pour l'aéronef.

30 Préférentiellement, l'information fiabilisée de localisation de l'aéronef est une information de localisation calculée en fonction d'au moins une information brute de localisation reçue par l'unité de calcul et sélectionnée parmi l'ensemble des informations brutes de localisation reçues par l'unité de calcul. La ou
35 les informations brutes de localisation sélectionnées sont

retenues car elles sont considérées comme cohérentes entre elles.

L'information brute de localisation non sélectionnée est considérée comme incohérente vis-à-vis des autres informations brutes sélectionnées et elle n'est pas utilisée pour le calcul de l'information fiabilisée.

Ainsi une information brute de localisation non sélectionnée n'affecte pas la précision de l'information fiabilisée de localisation.

Toutefois, cette information brute non sélectionnée reste utile dans le processus de détermination de l'information fiabilisée de localisation puisqu'elle permet la sélection des informations brutes sélectionnées cohérentes entre elles.

Dans un mode de réalisation préférentiel de l'invention :
- l'équipement externe est relié à une structure de l'aéronef pour être orientable suivant au moins deux axes motorisés par rapport à cette structure, cet équipement externe comprend également des capteurs d'orientation pour transmettre à l'unité de calcul des valeurs d'orientation de cet équipement externe par rapport à la structure de l'aéronef suivant chacun desdits au moins deux axes motorisés ;

- l'équipement externe comporte un dispositif optronique doté d'au moins un capteur d'images relié mécaniquement à ladite au moins une unité de mesure inertielle de l'équipement externe, l'information brute de localisation fournie par l'unité de mesure inertielle de cet équipement externe comprenant au moins une information d'orientation dans l'espace dudit capteur d'image ; et

- chaque information brute de localisation délivrée par une des centrales de navigation inertielle comprend au moins une valeur brute de position de l'aéronef par rapport

à un référentiel externe à l'aéronef, ledit calculateur étant agencé pour calculer ladite information fiabilisée de localisation en fonction de l'une au moins de ces valeurs brutes de position de l'aéronef délivrée par une

5 des centrales de navigation et de manière à ce que cette information fiabilisée de localisation comprenne au moins une valeur de position de l'aéronef par rapport au référentiel externe à l'aéronef ; et

- l'unité de calcul étant en outre agencée pour détecter

10 un défaut d'intégrité de l'une quelconque des valeurs brutes de position de l'aéronef en recherchant une cohérence entre chacune de ces valeurs brutes de position de l'aéronef et l'information brute de localisation de l'équipement externe délivrée par l'unité de mesure

15 inertielle de l'équipement externe.

En résumé, le calculateur utilise :

- des valeurs d'orientation de l'équipement externe par rapport à la structure de l'aéronef ; et

- une information brute de localisation qui comprend au

20 moins une information d'orientation dans l'espace dudit capteur d'image provenant du dispositif optronique de l'équipement externe ;

pour détecter un défaut d'intégrité de l'une quelconque des valeurs brutes de position de l'aéronef fournies par

25 les centrales de navigation inertielle.

Cette solution est particulièrement avantageuse car elle permet de conserver une intégrité d'information de position de l'aéronef même si une des deux centrales inertielles devient défaillante.

30 Dans un mode de réalisation simplifié de l'invention, le dispositif de localisation de l'aéronef comporte exactement deux centrales de navigation inertielle.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'aéronef selon

35 l'invention ressortiront clairement de la description qui

en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:
[Fig. 1] la figure 1 illustre l'aéronef 0 selon l'invention comprenant son système avionique 1 et un équipement externe
5 4 au système avionique ;

[Fig. 2] la figure 2 est un schéma de fonctionnement de l'unité de calcul 3 du dispositif de localisation 2 de l'aéronef 0 dans lequel, dans une premier temps, l'unité de calcul détermine si l'une des unités de mesure
10 inertielle A, B et C génère ou pas une information brute de localisation PVA1, PVA2, PVA3 incohérente et, dans un second temps, cette unité de calcul 3 génère une information fiabilisée de localisation PVAN ne prenant pas en compte l'information brute de localisation incohérente
15 préalablement détectée.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Comme indiqué précédemment, l'invention concerne un aéronef 0 comprenant un système avionique 1. Cet aéronef peut être un drone ou un avion ou un hélicoptère.

20 Le terme système avionique 1 désigne l'ensemble des équipements électroniques, électriques et informatiques utilisés pour piloter l'aéronef dans l'espace, le système avionique comprenant également des actionneurs de commande de vol 6 tels que des actionneurs de gouvernes de l'aéronef
25 et/ou des actionneurs du moteur de propulsion de l'aéronef et/ou des actionneurs d'un moteur de sustentation de l'aéronef.

Le système avionique 1 de l'aéronef 0 selon l'invention comporte :

- 30 - une unité de commande de vol FCS pour Flight Control System ; et
- un dispositif de localisation 2 qui comporte une unité

de calcul 3 et deux centrales de navigation ayant chacune une unité de mesure inertielle A, B propre.

En plus de son système avionique 1, l'aéronef 0 comporte aussi un équipement externe 4 au système avionique 1 qui est embarqué sur de l'aéronef 0.

Cet équipement externe 4 est agencé pour réaliser une fonction opérationnelle indépendamment du fonctionnement du système avionique 1.

Cet équipement 4 peut être toute charge utile de l'aéronef comprenant au moins un équipement de localisation de la position de cette charge utile dans l'espace.

Typiquement, cet équipement 4 peut être une boule orientable par rapport à une structure 7 de l'aéronef ou un radar ou un équipement optronique comme un viseur optronique préférentiellement orientable par rapport à la structure 7 de l'aéronef ou une munition dotée de localisation de la munition ou une arme dotée de moyens de navigation et/ou dotée de moyens d'imagerie et de guidage, ces moyens d'imagerie étant préférentiellement orientables par rapport à ladite structure 7 du drone.

Typiquement, cet équipement externe 4 comporte une unité de mesure inertielle C pour permettre à cet équipement externe 4 de réaliser sa propre référence de localisation permettant le géo-référencement des fonctions opérationnelles qu'il réalise, indépendamment du géo-référencement généré par le système avionique 4 de l'aéronef 0.

Cette unité de mesure inertielle peut comporter des capteurs d'accélération et/ou des gyromètres et/ou une antenne de géo localisation par satellite ou tout autre capteur permettant de collecter des mesures pour en déduire

une information de localisation dans l'espace de l'équipement externe, par exemple une position géo localisée.

5 Dans l'exemple illustré à la figure 1, l'équipement externe 4 comporte un dispositif optronique 9 doté d'au moins un capteur d'images (au moins une caméra) relié mécaniquement à ladite au moins une unité de mesure inertielle C de l'équipement externe 4.

10 L'information brute de localisation PVA3 fournie par l'unité de mesure inertielle C comprend au moins une information d'orientation dans l'espace dudit capteur d'image.

15 En l'occurrence cette information d'orientation dans l'espace dudit capteur d'image est une information d'orientation par rapport à un référentiel externe à l'aéronef tel que le référentiel terrestre Ref0.

20 L'unité de mesure inertielle C de l'équipement externe 4 est autonome vis-à-vis des centrales de navigation inertielle de l'avionique 1 et de leurs unités de mesure inertielle A, B.

En ce sens, cette unité C est agencée pour délivrer une information brute de localisation PVA3 même si aucune des unités de mesure inertielle A et B n'est en mesure de délivrer une information brute de localisation.

25 L'information brute de localisation PVA3 délivrée par l'équipement externe peut être d'une nature différente des informations brutes de localisation respectivement délivrées par les unités de mesure inertielle des centrales de navigation du système avionique.

30 Ainsi, comme indiqué précédemment, l'information brute de localisation PVA3 peut être une position géo référencée

d'une ligne de visée de l'équipement externe 4, cette information PVA3 pouvant, contrairement aux informations PVA1 et PVA2, ne pas conférer d'information de navigation propre. Cette information brute de localisation PVA3 est
5 transmise à l'unité de calcul 3 via la liaison de transmission 5.

Comme on le verra par la suite, l'unité de calcul 3 utilise l'information PVA3 pour déterminer si l'une des informations brutes PVA1 ou PVA2 présente ou pas une
10 incohérence / un défaut d'intégrité. En ce sens l'information PVA3 permet d'identifier l'information cohérente parmi les informations brutes PVA1 et PVA2 délivrées par les centrales de navigation et elle est ainsi utilisée par l'unité de calcul pour déterminer
15 l'information fiabilisée de localisation PVAN.

Dans l'exemple de la figure 1, l'équipement externe 4 est relié à une structure 7 de l'aéronef 0 pour être orienté suivant au moins deux axes motorisés M1, M2 par rapport à cette structure 7 de l'aéronef 0.

20 Par ailleurs, cet équipement externe 4 comprend des capteurs d'orientation Cp1, Cp2 pour transmettre à l'unité de calcul 3 des valeurs d'orientation de cet équipement externe 4 par rapport à la structure 7 de l'aéronef 0 suivant chacun desdits au moins deux axes motorisés M1,
25 M2.

Cet équipement externe 4 comprend au moins une unité de mesure inertielle C fournissant l'information brute de localisation PVA3 de l'équipement externe :

- vis-à-vis d'un référentiel Ref 0 qui est un repère /
30 référentiel fixe extérieur à l'aéronef 0 ; et/ou
- vis-à-vis d'un point externe à l'aéronef visé par ledit

au moins un capteur d'image du dispositif optronique 9.

Dans ce dernier cas, l'unité de mesure inertielle C de l'équipement externe 4 est agencée pour que l'information brute de localisation de l'équipement externe 4 qu'elle délivre soit représentative de la position de l'aéronef par rapport au point externe à l'aéronef visé par ledit au moins un capteur d'image du dispositif optronique 9.

Préférentiellement, chacune des unités de mesure inertielle A, B, C est agencée pour générer une information brute de localisation PVA1, PVA2, PVA3 de cette unité de mesure inertielle A, B, C vis-à-vis du référentiel Ref0 extérieur à l'aéronef 0.

Préférentiellement, chaque information brute de localisation PVA1, PVA2, PVA3 comprend :

- une valeur de position par rapport au référentiel extérieur à l'aéronef Ref 0 ;

- une valeur de vitesse par rapport à ce référentiel Ref 0 ; et

- une valeur d'attitude par rapport à ce référentiel Ref0.

L'attitude est la direction d'un axe donné par rapport au référentiel Ref0. Usuellement les composantes de l'attitude comprennent le cap, le roulis et le tangage.

Typiquement une unité de mesure inertielle A, B d'une centrale de mesure inertielle est constituée de :

- trois accéléromètres disposés suivant trois axes d'un repère de mesure de l'unité de mesure inertielle permettant de définir un vecteur spécifique représentatif de la gravité terrestre et de l'accélération de l'unité de mesure inertielle ; et de

- trois gyromètres montés suivant ces axes du repère de

mesure pour déterminer la vitesse de rotation du repère de mesure qui bouge avec l'aéronef par rapport au repère Ref0 qui est un repère fixe extérieur à l'aéronef.

5 Bien entendu d'autres types d'unités de mesure inertielle sont utilisables pour la mise en œuvre de l'aéronef selon l'invention.

Chaque information brute de localisation délivrée par une centrale de navigation inertielle donnée comporte au moins une valeur de position de l'aéronef qui est calculée par
10 cette centrale de navigation donnée en intégrant des mesures de rotations et d'accéléérations réalisées par cette même unité de mesure inertielle.

La centrale de navigation est en effet agencée pour évaluer les déplacements successifs de l'aéronef (rotation et
15 accéléérations), pour intégrer ces déplacements et en déduire la valeur de position de l'aéronef dans le repère extérieur Ref 0.

La centrale de navigation inertielle qui contient la première des unités de mesure inertielle A délivre une
20 information brute de localisation PVA1 à l'unité de calcul 3.

La centrale de navigation inertielle qui contient la deuxième des unités de mesure inertielle B délivre une information brute de localisation PVA2 à l'unité de calcul
25 3.

L'unité de mesure inertielle C appartenant à l'équipement externe 4 délivre une information brute de localisation PVA3 à l'unité de calcul 3 via une liaison de transmission
5 spécifique de l'aéronef selon l'invention.

30 A l'aide de certaines au moins des informations brutes de localisation PVA1, PVA2 et PVA3 provenant des centrales de

navigation du dispositif de localisation 2 et de unités de mesure inertielle C de l'équipement externe 4, l'unité de calcul 3 détermine une information fiabilisée de localisation PVAN de l'aéronef 0 par rapport au référentiel Ref0.

Cette information fiabilisée de localisation PVAN de l'aéronef 0 est délivrée par l'unité de calcul 3 à l'unité de commande de vol FCS.

A l'aide de cette information fiabilisée de localisation PVAN, l'unité de commande de vol FCS peut repérer la position de l'aéronef par rapport au référentiel Ref 0 et elle peut alors commander les actionneurs de commande de vol 6 pour piloter l'aéronef 0 dans l'espace.

Nous allons maintenant décrire les actions mises en œuvre par l'unité de calcul 3 pour déterminer l'information fiabilisée de localisation PVAN à l'aide de certaines au moins des informations brutes de localisation PVA1, PVA2 et PVA3.

Pour ce faire, l'unité de calcul (3) compare deux à deux chacune des informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3 respectivement délivrées par les centrales de navigation du dispositif de localisation 2 et par l'unité de mesure inertielle appartenant à l'équipement externe 4. En fonction de ces comparaisons de ces informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3, l'unité de calcul 3 identifie parmi ces informations brutes de localisation si l'une de ces informations brutes de localisation est incohérente (par exemple PVA2) par rapport aux autres informations brutes de localisation PVA1, PVA3 qui sont alors considérées comme des informations brutes de localisation cohérentes entre elles.

Enfin l'unité de calcul 3 calcule l'information fiabilisée de localisation PVAN de l'aéronef à l'aide d'au moins une des informations brutes de localisation cohérentes entre elles PVA1, PVA3, sans utiliser l'information brutes de localisation identifiée comme incohérente PVA2.

Ainsi, l'information fiabilisée de localisation PVAN est calculée à l'aide d'une ou plusieurs des informations brutes de localisation PVA1, PVA3 cohérentes entre elles, la ou les autres informations brutes de localisation jugées incohérentes PVA2 étant rejetée(s) par l'unité de calcul et n'étant pas prises en compte pour le calcul de l'information fiabilisée PVAN.

Il est à noter que pour pouvoir comparer deux à deux chacune des informations brutes de localisation, l'unité de calcul exprime chacune des informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3 dans un même référentiel fixe Ref1 par rapport à l'aéronef.

Selon le mode préférentiel, en cas de détection d'une information brute de localisation incohérente délivrée par l'une des centrales de navigation inertielle, l'unité de calcul calcule l'information fiabilisée de localisation de l'aéronef à partir d'une seule des informations brutes de localisation cohérentes qui est l'information brute de localisation cohérente délivrée par l'autre de ces deux centrales de navigation.

Par ailleurs, dans les modes de réalisation, tels que celui de la figure 1, où l'équipement externe 4 est orientable suivant au moins deux axes motorisés M1, M2 par rapport à la structure 7 de l'aéronef, l'unité de calcul 3 peut également exprimer l'information brute de localisation PVA3 délivrée par l'unité de mesure inertielle C de

l'équipement externe 4 dans ledit référentiel fixe Ref1 par rapport à l'aéronef.

Pour cela, l'unité de calcul 3 utilise :

- les valeurs d'orientation de l'équipement externe 4 par rapport à la structure 7 de l'aéronef 0 (ces valeurs sont mesurées via les capteurs précités Cp1, Cp2) ; et
- une distance entre ledit référentiel fixe Ref1 par rapport à l'aéronef et un référentiel Ref2 de l'équipement externe 4 qui est fixe par rapport à cet équipement externe 4.

En d'autres termes, l'information brute de localisation PVA3 délivrée par l'unité de mesure inertielle C est exprimée dans le référentiel de l'aéronef Ref1 en utilisant les valeurs mesurées d'orientation de l'équipement externe 4 par rapport à la structure 7, ces valeurs étant mesurées par les capteurs d'orientation Cp1 et Cp2.

Il est à noter que la distance entre ledit référentiel fixe Ref1 par rapport à l'aéronef et le référentiel Ref2 de l'équipement externe 4 est prédéterminée par l'architecture de l'aéronef et est connue par l'unité de calcul 3, soit parce qu'elle est constante, soit parce qu'elle varie suivant une relation prédéterminée en fonction des valeurs d'orientation de l'équipement externe 4 par rapport à la structure 7.

Nous allons maintenant présenter les étapes mise en œuvre par l'unité de calcul 3 pour arriver à déterminer si une information brute de localisation donnée doit être considérée comme cohérente ou au contraire considérée comme incohérente par rapport aux autres informations brutes de localisation délivrées à l'unité de calcul 3.

Pour ce faire, l'unité de calcul 3 est reliée fonctionnellement à au moins une entité fournissant des valeurs numériques de qualité de mesure Covi, Cov1, Cov2, Cov3, chacune de ces valeurs numériques de qualité de

mesure Covi, Cov1, Cov2, Cov3 étant associée à une seule desdites informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3 qui lui correspond.

5 Par exemple, chaque centrale de navigation inertielle ou chaque unité de mesure inertielle peut comprendre une entité fournissant à l'unité de calcul 3 des valeurs numériques de qualité de mesure associée aux mesures réalisées par cette centrale de navigation ou cette unité de mesure inertielle.

10 Ainsi, chaque valeur numérique de qualité de mesure Covi, Cov1, Cov2, Cov3 associée à une seule desdites informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3 qui lui correspond est générée par une entité intégrée à l'unité de mesure inertielle A, B, C fournissant cette information brute de localisation PVA1, PVA2, PVA3.

15 Ces entités fournissant des valeurs numériques de qualité de mesure(s) sont préférentiellement agencées pour délivrer ces valeurs en temps réel, ces valeurs étant utilisées en temps réel par l'unité de calcul 3.

20 Toutefois, il est aussi possible de stocker ces valeurs numériques de qualité de mesure dans une mémoire 10 pour pouvoir être utilisées au fur et à mesure par l'unité de calcul 3 et/ou pour conserver une traçabilité sur l'évolution des valeurs numériques de qualité de mesure.

25 Typiquement, chacune des valeurs numériques de qualité de mesure Covi, Cov1, Cov2, Cov3 est un écart type issu d'un filtre de Kalman caractérisant la qualité de l'information brute de localisation normalement délivrée par une unité de mesure inertielle A, B, C correspondante, lorsque cette
30 unité fonctionne normalement, c'est-à-dire de manière fiable et satisfaisante.

Pour chaque couple donné d'informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3, l'unité de calcul 3 calcule :

- une valeur d'écart PVA1-PVA2, PVA1-PVA3, PVA3-PVA2 entre ces informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3 de ce couple donné ; et
 - un indicateur de qualité (associé aux valeurs d'écarts du couple donné) calculé en fonction des valeurs numériques de qualité de mesure de ce couple donné.
- 10 Par convention, dans la présente demande, la somme quadratique de valeurs numériques de qualité de mesure, par exemple Cov1 et Cov2 est notée Cov1+Cov2.
- Puis l'unité de calcul 3 identifie qu'il y a cohérence entre les informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3 de ce couple donné, si l'indicateur de qualité de ce couple donné est supérieur à une valeur numérique seuil de ce couple donné, cette valeur numérique étant une fonction de la valeur d'écart PVA1-PVA2, PVA1-PVA3, PVA3-PVA2 de ce couple donné.
- 15
- 20 Typiquement, l'indicateur de qualité d'un couple donné Cov1 et Cov2, Cov1 et Cov3, Cov3 et Cov2 peut être la somme quadratique desdites valeurs numériques de ce couple donné, en l'occurrence Cov1+Cov2, Cov1+Cov3, Cov3+Cov2. Ce cas particulier sera illustré par la suite.
- 25 De même, la valeur numérique seuil d'un couple donné peut être égale à la valeur d'écart PVA1-PVA2, PVA1-PVA3, PVA3-PVA2 de ce couple donné éventuellement pondérée d'un coefficient de pondération.
- L'usage d'un tel coefficient de pondération permet de
- 30 prendre en compte la répartition statistique de l'erreur et de limiter le risque d'avoir une fausse alarme de défaut

de cohérence entre les informations brutes de localisation. Typiquement, pour une variable aléatoire à une dimension de loi normale, ce coefficient de pondération vaut 2.5 afin d'avoir une probabilité de fausse alarme inférieure à 1%.

5 L'unité de calcul 3 est aussi agencée pour identifier qu'il y a incohérence entre les informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3 de ce couple donné, si l'indicateur de qualité (par exemple $Cov1+Cov2$; $Cov1+Cov3$; $Cov3+Cov2$) fonction desdites valeurs numériques de ce couple donné est inférieur à la valeur numérique seuil de ce couple donné qui est fonction de la valeur d'écart PVA1-PVA2, PVA1-PVA3, PVA3-PVA2 de ce couple donné.

10 Ainsi, l'unité de calcul 3 sait discriminer les informations brutes de localisation cohérentes vis-à-vis d'une information brutes de localisation incohérente.

15 Comme on le comprend de la figure 2, les deux centrales de navigation inertielle comprenant les deux unités de mesure inertielle A, B et l'unité de mesure C délivrent chacune une information brute de localisation PVA1, PVA2, PVA3 à l'unité de calcul 3 qui consolide ces informations brutes pour identifier les informations brutes cohérentes entre elles et pour calculer l'information fiabilisée de localisation PVAN avec ces seules informations brutes cohérentes entre elles. L'information fiabilisée de localisation PVAN peut être égale à l'une des valeurs brutes cohérente ou être égale à une moyenne de plusieurs de ces informations brutes de localisation PVA1, PVA2 cohérentes entre elles.

25 Ainsi, le test si A=B=C OK signifie que les informations brutes de localisation PVA1, PVA2, PVA3 respectivement
30 délivrées à l'aide des unités de mesure inertielle A, B, C sont jugées cohérentes entre elles par l'unité de calcul 3.

Dans ce cas l'information fiabilisée PVAN est calculée avec l'une au moins de ces informations cohérentes, l'unité de calcul 3 générant alors une information de bon fonctionnement compatible avec la poursuite du vol de l'aéronef.

Par contre, le test si $A \# (B=C)$ signifie que A est incohérent par rapport à B et C. L'incohérence de A est notée KO. Ce test signifie que les informations brutes de localisation PVA2, PVA3 respectivement délivrées à l'aide des unités de mesure inertielle B, C sont jugées cohérentes entre elles par l'unité de calcul 3 alors que l'information brute de localisation PVA1 délivrée par la centrale de navigation comprenant l'unité de mesure inertielle A est jugée incohérente vis-à-vis des informations brutes de localisation PVA2, PVA3.

Dans ce cas, l'information fiabilisée PVAN est calculée avec l'information PVA2 ($PVAN=PVA2$), l'unité de commande générant alors une information d'alerte indiquant que la centrale comprenant l'unité de mesure A est inopérante.

Selon l'architecture de sécurité choisie, l'unité de commande peut déclencher une action particulière prédéterminée, par exemple elle autorise la poursuite du vol de l'aéronef suivant le plan de mission.

Le test si $(A=B) \# C$ signifie que C est incohérent par rapport à A et B et que A et B sont cohérents. L'incohérence de C est notée « ? » car on considère que C est une unité de mesure inertielle de moindre fiabilité que les unités de mesure A et B. Ce test signifie que les informations brutes de localisation PVA1, PVA2 respectivement délivrées par les centrales de navigation comprenant les unités de mesure inertielle A, B sont jugées cohérentes entre elles par l'unité de calcul 3 alors que l'information brute de localisation PVA3 délivrée par l'unité de mesure inertielle C est jugée incohérente vis-à-vis des informations brutes de localisation PVA1 et PVA2.

Dans ce cas, l'information fiabilisée PVAN est calculée avec l'une au moins de ces informations cohérentes PVA1 et PVA2, l'unité de commande générant alors une information d'alerte indiquant que l'unité de mesure C est inopérante.

5 Selon l'architecture de sécurité choisie, l'unité de commande peut déclencher une action prédéterminée, par exemple autoriser la poursuite du vol de l'aéronef suivant le plan de mission.

10 Enfin, le test si $(A \# B) \# C$ signifie que A et B sont incohérentes entre elles et que C est incohérent par rapport à A et par rapport à B. L'incohérence de A, B et C est notée KO. Ce test signifie que les informations brutes de localisation PVA1, PVA2 et PVA3 respectivement délivrées à l'aide des unités de mesure inertielle A, B et C sont
15 respectivement jugées incohérentes entre elles par l'unité de calcul 3.

Dans ce cas l'information fiabilisée PVAN est calculée avec une seule des informations PVA1 ou PVA2, l'unité de commande générant alors une information d'alerte maximale
20 indiquant que l'information fiabilisée PVAN n'est peut-être plus fiable et elle commande alors l'arrêt du plan de mission (l'arrêt du plan de mission peut être une commande d'atterrissage de l'aéronef vers un lieu prédéterminé).

Nous allons maintenant donner un exemple illustrant le
25 fonctionnement de l'unité de commande 3 de l'aéronef selon l'invention pour :

- D'une part exprimer chacune des informations brutes PVA1, PVA2, PVA3 dans un même référentiel fixe Ref1 qui est fixe par rapport à l'aéronef ; et pour
- 30 - D'autre part déterminer si une information brute de localisation est incohérente ou non vis-à-vis des autres informations brutes de localisation.

A) EXPRESSION DES INFORMATIONS BRUTES DANS UN MEME REFERENTIEL / REPERE

La position géographique l'unité externe 4 (donnée par l'information PVA3) peut être utilisée directement pour être comparée à la position de l'aéronef (donnée par l'une au moins des informations PVA1 et PVA2).

5 La précision de la position de l'unité externe 4, pour le vote, est donnée par la précision de positionnement de l'unité externe 4 à laquelle il faut rajouter l'incertitude liée au bras de levier entre l'unité externe 4 qui est orientable par rapport à la structure 7 de l'aéronef sur
10 lequel est fixé / immobilisé le système de localisation interne à l'aéronef, en l'occurrence les deux unités de mesure inertielle du système avionique 1.

La vitesse géographique de l'unité externe 4 peut être utilisée directement pour être comparée à la vitesse
15 géographique du référentiel Ref1 de l'aéronef qui est immobile par rapport à la structure 7.

La précision de la vitesse, pour le vote, est donnée par la précision de la vitesse de l'unité externe 4 (au premier ordre, l'architecture physique n'a pas d'impact sur la
20 précision de la vitesse géographique).

L'erreur de bras de levier peut aussi être prise en compte pour appliquer une correction dans le calcul d'écart de position et / ou dans le calcul d'écart de vitesse. Dans ces cas l'incertitude de position et/ou de vitesse de
25 l'équipement externe est minimisée.

Il est aussi possible de compenser l'erreur de bras de levier en prenant en compte l'orientation relative de l'équipement 4 par rapport à la structure 7 de l'aéronef. Les attitudes de l'unité externe 4 ne sont pas directement
30 utilisables car l'unité externe 4 pointe vers une cible externe à l'aéronef et donc ses attitudes correspondent à l'orientation courante de la ligne de visée des caméras du dispositif optronique 9, qui est différente de l'orientation de la structure 7 de l'aéronef (le fuselage de l'aéronef fait partie de la structure de l'aéronef).
35

Afin de reconstruire l'orientation du fuselage de l'aéronef, on utilise les valeurs mesurées d'orientation de cet équipement externe 4 par rapport à la structure 7 de l'aéronef 0.

5 Ces mesures sont des angles de cardans de la plateforme optronique 4 : angle de site et de gisement.

Ces angles mesurés sont respectivement donnés par les des capteurs d'orientation Cp1, Cp2.

10 A partir de ces angles, on peut facilement calculer la matrice de changement de repère $T[b]/[v]$ entre le repère de la ligne de visée $[v]$, c'est-à-dire le référentiel de l'équipement externe Ref2, et le repère Ref1 de la structure 7 de l'aéronef $[b]$. Cette matrice de changement de repère / de référentiel permet d'exprimer l'attitude
15 PVA3 dans le repère / référentiel Ref1 de la structure 7 de l'aéronef $[b]$.

$[g]$ étant le repère géographique, les attitudes de l'équipement externe 4 correspondent à la matrice de changement de repère $T[v]/[g]$, que l'on mesure.

20 Les attitudes de la structure 7 de l'aéronef correspondent à la matrice de changement de repère $T[b]/[g]$, que l'on cherche à calculer.

On calcule cette matrice par la relation suivante :

$$T[b]/[g] = T[b]/[v] \times T[v]/[g].$$

25 La précision de cette mesure d'attitude dépend :

- De la précision de la mesure d'attitude de l'équipement externe 4 ;
- De la précision des mesures des angles de cardan (CP1, CP2) ;
- 30 • Des éléments physiques constituant l'équipement externe 4 pouvant se déformer (en général, il existe un système d'amortissement pour protéger les caméras de l'équipement externe 4) ;
- Des structures physiques de l'aéronef pouvant se
35 déformer (fuselage).

B) DETECTION D'UNE INCOHERENCE :

Afin de détecter qu'une centrale de navigation inertielle est en panne, l'unité de calcul 3 calcule la différence des informations brutes PVA1, PVA2, PVA3 2 à 2 et compare cet écart à la précision attendue, en l'occurrence la précision attendue est $Cov1+Cov2$ pour l'écart PVA1-PVA2, $Cov1+Cov3$ pour l'écart PVA1-PVA3 et $Cov3+Cov2$ pour l'écart PVA3-PVA2.

Posons PVA0 comme étant l'information brute vraie de localisation que devrait fournir chaque unité de mesure inertielle si elle était parfaitement juste.

Sachant que chaque unité de mesure inertielle i présente une erreur Err_i , on a :

$$PVA1 = PVA0 + Err1 ;$$

$$PVA2 = PVA0 + Err2 ;$$

$$PVA3 = PVA0 + Err3 ;$$

Si l'erreur Err_i d'un équipement donné i est inférieure à la valeur de qualité de mesure Cov_i de cet équipement alors on considère que cet équipement est fonctionnel.

A contrario, si l'erreur Err_i d'un équipement donné i est supérieure à la valeur de qualité de mesure Cov_i de cet équipement alors on considère que cet équipement est en panne.

PVA0 n'est pas connu et sa valeur n'a pas d'importance.

Les indicateurs « Cov_i » caractérisent des valeurs de qualité de mesure, c'est-à-dire la qualité de l'information brute inertielle PVA $_i$ délivrée par l'unité de mesure inertielle « i », et donc l'amplitude de l'erreur Err_i . Comme indiqué précédemment Cov_i peut être un écart type généré en temps réel par un filtre de Kalman exécuté par une ou plusieurs entités couplée(s) fonctionnellement à une ou plusieurs des unités de mesure inertielle A, B et C.

Par exemple, chaque centrale de navigation ou chaque unité de mesure inertielle peut comprendre une entité calculant

une valeur numérique de qualité de mesure représentative de la qualité des mesures réalisées par cette centrale, cette unité de mesure inertielle. Ces valeurs sont fournies en temps réel à l'unité de calcul 3.

5 Les valeurs d'écart calculées 2 à 2 donnent donc :

$$PVA1 - PVA2 = (PVA0 + Err1) - (PVA0 + Err2) = Err1 - Err2$$

$$PVA1 - PVA3 = (PVA0 + Err1) - (PVA0 + Err3) = Err1 - Err3$$

$$PVA3 - PVA2 = (PVA0 + Err3) - (PVA0 + Err2) = Err3 - Err2$$

10 Chaque valeur d'écart est caractérisée respectivement par les sommes quadratique $Cov1 + Cov2$, $Cov1 + Cov3$ et $Cov3 + Cov2$.

Quand le système fonctionne correctement, chaque valeur d'écart est inférieure à la confiance correspondante, c'est-à-dire inférieure à la somme quadratique correspondante.

15 Quand une des trois unités de mesure inertielle est en panne, supposons que ce soit l'unité 1 aussi notée A, alors $Err1 \gg Cov1$ (il y a une panne de l'unité A).

Donc l'analyse des valeurs d'écarts 2 à 2 donne :

20 Test principal : Si $PVA1 - PVA2 = Err1 - Err2 \gg Cov1 + Cov2$, alors on déduit que l'une des centrales comprenant les unités A ou B est en panne (panne détectée).

En cas de détection d'une panne de l'une de ces centrales de navigation, on cherche à identifier celle qui est en panne.

25 Pour cela, on effectue au moins un des deux tests complémentaires suivants.

1^{ier} test complémentaire : Si $PVA1 - PVA3 = Err1 - Err3 \gg Cov1 + Cov3$, alors on déduit que A ou C est en panne (panne détectée).

30 2nd test complémentaire : Si $PVA3 - PVA2 = Err3 - Err2 \ll Cov3 + Cov2$, alors on déduit que B et C sont saines.

Si une panne est identifiée lors du test principal et lors du premier test complémentaire, et qu'aucune panne est identifiée lors du second test complémentaire, alors on en

déduit que c'est la centrale de navigation comprenant l'unité A qui est en panne, la centrale comprenant l'unité B fonctionnant correctement.

5 Dans ce cas, l'unité A ne sera pas prise en compte pour le calcul de l'information fiabilisée de localisation.

A contrario, si une panne est identifiée lors du test principal et lors du second test complémentaire, et qu'aucune panne est identifiée lors du premier test complémentaire, alors on en déduit que c'est la centrale
10 comprenant l'unité B est en panne, l'unité A fonctionnant correctement.

Dans ce cas, l'unité B ne sera pas prise en compte pour le calcul de l'information fiabilisée de localisation.

15 Il est à noter que l'unité C externe au système avionique est différente des centrales de navigation du système avionique. Ainsi, la probabilité que A, B et C soient en panne simultanément est plus faible que si on avait trois unités A, B et C identiques entre elles.

20 Dans le cas où seule l'unité A est en panne et les unités B et C fonctionnent, alors seul le second test complémentaire, ne faisant pas intervenir l'unité A, satisfait toujours le critère de surveillance.

25 On peut donc déduire ainsi que c'est l'unité A qui délivre PVA1 qui est en panne, on peut donc l'exclure et commuter sur l'équipement sain B.

Ainsi, la disponibilité est garantie au-delà de la simple intégrité de la localisation.

On notera que :

30 1/ cette analyse est basée sur la présence d'une seule panne (un procédé analogue pourrait être mis en œuvre pour un aéronef comportant plus de deux centrales inertielles en panne).

2/ cette analyse peut être menée avec des unités de différentes classes de performance.

La présence de 3 unités de mesure inertielle permet de voter et exclure l'unité inertielle qui est en panne ce qui fiabilise le fonctionnement global du système avionique.

REVENDICATIONS

1. Aéronef (0) comprenant un système avionique (1) qui comprend :
- une unité de commande de vol (FCS) ; et
 - 5 - un dispositif de localisation (2) qui comporte une unité de calcul (3) et au moins deux centrales de navigation inertielle comprenant chacune une unité de mesure inertielle (A, B), chaque centrale de navigation inertielle étant agencée pour délivrer une information brute de
 - 10 localisation (PVA1, PVA2) à l'unité de calcul (3) qui est adaptée à déterminer une information fiabilisée de localisation (PVAN) de l'aéronef en utilisant certaines au moins desdites informations brutes de localisation (PVA1, PVA2), caractérisé en ce que l'aéronef (1) comporte :
 - 15 - au moins un équipement externe (4) au système avionique (1) agencé pour réaliser une fonction opérationnelle indépendamment du fonctionnement du système avionique (1) et comprenant au moins une unité de mesure inertielle (C) fournissant une information brute de localisation (PVA3)
 - 20 de l'équipement externe ; et
 - une liaison de transmission (5) de cette information brute de localisation de l'équipement externe (4) vers l'unité de calcul (3) du dispositif de localisation (2) du système avionique (1) et l'unité de calcul (3) étant
 - 25 agencée pour déterminer ladite information fiabilisée de localisation (PVAN) de l'aéronef en utilisant cette information brute de localisation (PVA3) de l'équipement externe (4), l'unité de calcul (3) est agencée pour :
 - comparer deux à deux chacune des informations brutes de
 - 30 localisation (PVA1, PVA2, PVA3) respectivement délivrées par les centrales de navigation inertielle du dispositif

- de localisation (2) et par l'unité de mesure inertielle appartenant à l'équipement externe (4) ; et pour
- en fonction de ces comparaisons de ces informations brutes de localisation (PVA1, PVA2, PVA3), identifier parmi ces informations brutes de localisation si l'une de ces informations brutes de localisation est incohérente (PVA2) par rapport aux autres informations brutes de localisation (PVA1, PVA3) qui sont alors considérées comme des informations brutes de localisation cohérentes entre elles ; et pour
 - calculer l'information fiabilisée de localisation (PVAN) de l'aéronef à l'aide d'au moins une des informations brutes de localisation cohérentes entre elles (PVA1, PVA3), sans utiliser l'information brutes de localisation identifiée comme incohérente (PVA2).
2. Aéronef selon la revendication 1, dans lequel l'unité de calcul est agencée pour qu'en cas de détection d'une information brute de localisation incohérente délivrée par l'une des centrales de navigation inertielle, cette unité de calcul calcule l'information fiabilisée de localisation de l'aéronef à partir d'une seule des informations brutes de localisation cohérentes qui est l'information brute de localisation cohérente délivrée par l'autre des deux centrales de navigation.
3. Aéronef (0) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel l'unité de calcul (3) est reliée fonctionnellement à au moins une entité fournissant des valeurs numériques de qualité de mesure (Covi, Cov1, Cov2, Cov3), chacune de ces valeurs numériques de qualité de mesure (Covi, Cov1, Cov2, Cov3) étant associée à une seule desdites informations brutes de localisation (PVA1, PVA2,

PVA3) qui lui correspond, et l'unité de calcul (3) étant agencée pour calculer, pour chaque couple donné d'informations brutes de localisation (PVA1, PVA2, PVA3) :

- une valeur d'écart (PVA1-PVA2, PVA1-PVA3, PVA3-PVA2)

5 entre ces informations brutes de localisation (PVA1, PVA2, PVA3) de ce couple donné ; et

- un indicateur de qualité fonction des valeurs numériques de qualité de mesure de ce couple donné (Cov1+Cov2 ; Cov1+Cov3 ; Cov3+Cov2) ; et

10 l'unité de calcul (3) étant agencée pour :

- identifier qu'il y a cohérence entre les informations brutes de localisation (PVA1, PVA2, PVA3) de ce couple donné, si l'indicateur de qualité (Cov1+Cov2 ; Cov1+Cov3 ; Cov3+Cov2) fonction desdites valeurs numériques de ce

15 couple donné est supérieur à une valeur numérique seuil de ce couple donné qui est fonction de la valeur d'écart (PVA1-PVA2, PVA1-PVA3 ; PVA3-PVA2) de ce couple donné ; et pour

- identifier qu'il y a incohérence entre les informations

20 brutes de localisation (PVA1, PVA2, PVA3) de ce couple donné si l'indicateur de qualité (Cov1+Cov2 ; Cov1+Cov3 ; Cov3+Cov2) fonction desdites valeurs numériques de ce couple donné est inférieur à la valeur numérique seuil de ce couple donné qui est fonction de la valeur d'écart

25 (PVA1-PVA2, PVA1-PVA3 ; PVA3-PVA2) de ce couple donné.

4. Aéronef (0) selon la revendication 3, dans lequel chaque valeur numérique de qualité de mesure (Covi, Cov1, Cov2, Cov3) associée à une seule desdites informations brutes de localisation (PVA1, PVA2, PVA3) qui lui

30 correspond est générée par une entité intégrée à l'unité de mesure inertielle (A, B, C) fournissant cette

information brute de localisation (PVA1, PVA2, PVA3).

5. Aéronef (0) selon l'une quelconque des revendication 1 à 4, dans lequel l'équipement externe (4) comporte un dispositif optronique (9) doté d'au moins un capteur d'images relié mécaniquement à ladite au moins une unité de mesure inertielle (C) de l'équipement externe (4), l'information brute de localisation (PVA3) fournie par l'unité de mesure inertielle (C) de cet équipement externe (4) comprenant au moins une information d'orientation dans l'espace dudit capteur d'image.

6. Aéronef (0) selon la revendication 5, dans lequel l'équipement externe (4) est relié à une structure de l'aéronef pour être orientable suivant au moins deux axes motorisés (M1, M2) par rapport à cette structure (7) de l'aéronef (0), l'équipement externe (4) comprenant également des capteurs d'orientation (Cp1, Cp2) pour transmettre à l'unité de calcul (3) des valeurs d'orientation de cet équipement externe (4) par rapport à la structure (7) de l'aéronef (0) suivant chacun desdits au moins deux axes motorisés (M1, M2).

7. Aéronef (0) selon la revendication 6, dans lequel l'unité de calcul est agencée pour exprimer chacune des informations brutes de localisation (PVA1, PVA2, PVA3) dans un même référentiel fixe (Ref1) par rapport à l'aéronef.

8. Aéronef (0) selon la revendication 7, dans lequel l'unité de calcul (3) est agencée pour exprimer l'information brute de localisation (PVA3) délivrée par l'unité de mesure inertielle (C) de l'équipement externe (4) dans ledit référentiel fixe (Ref1) par rapport à l'aéronef en utilisant :

- les valeurs d'orientation de l'équipement externe (4)

par rapport à la structure (7) de l'aéronef (0) ; et
- une distance entre ledit référentiel fixe (Ref1) par
rapport à l'aéronef (0) et un référentiel (Ref2) de
l'équipement externe (4) qui est fixe par rapport à cet
5 équipement externe (4).

9. Aéronef (0) selon l'une quelconque des revendications
6 à 8, dans lequel chaque information brutes de
localisation (PVA1, PVA2) délivrée par une centrale de
navigation inertielle comprend au moins une valeur brute
10 de position de l'aéronef par rapport à un référentiel
externe à l'aéronef (Ref 0), ledit calculateur (3) étant
agencé pour calculer ladite information fiabilisée de
localisation (PVAN) en fonction de l'une au moins de ces
valeurs brutes de position de l'aéronef délivrée par une
15 des centrales de navigation et de manière à ce que cette
information fiabilisée de localisation (PVAN) comprenne au
moins une valeur de position de l'aéronef par rapport au
référentiel externe (Ref 0) à l'aéronef, l'unité de calcul
(3) étant en outre agencée pour détecter un défaut
20 d'intégrité de l'une quelconque des valeurs brutes de
position de l'aéronef en recherchant une cohérence entre
chacune de ces valeurs brutes de position de l'aéronef et
l'information brute de localisation de l'équipement
externe délivrée par l'unité de mesure inertielle (C) de
25 l'équipement externe (4).

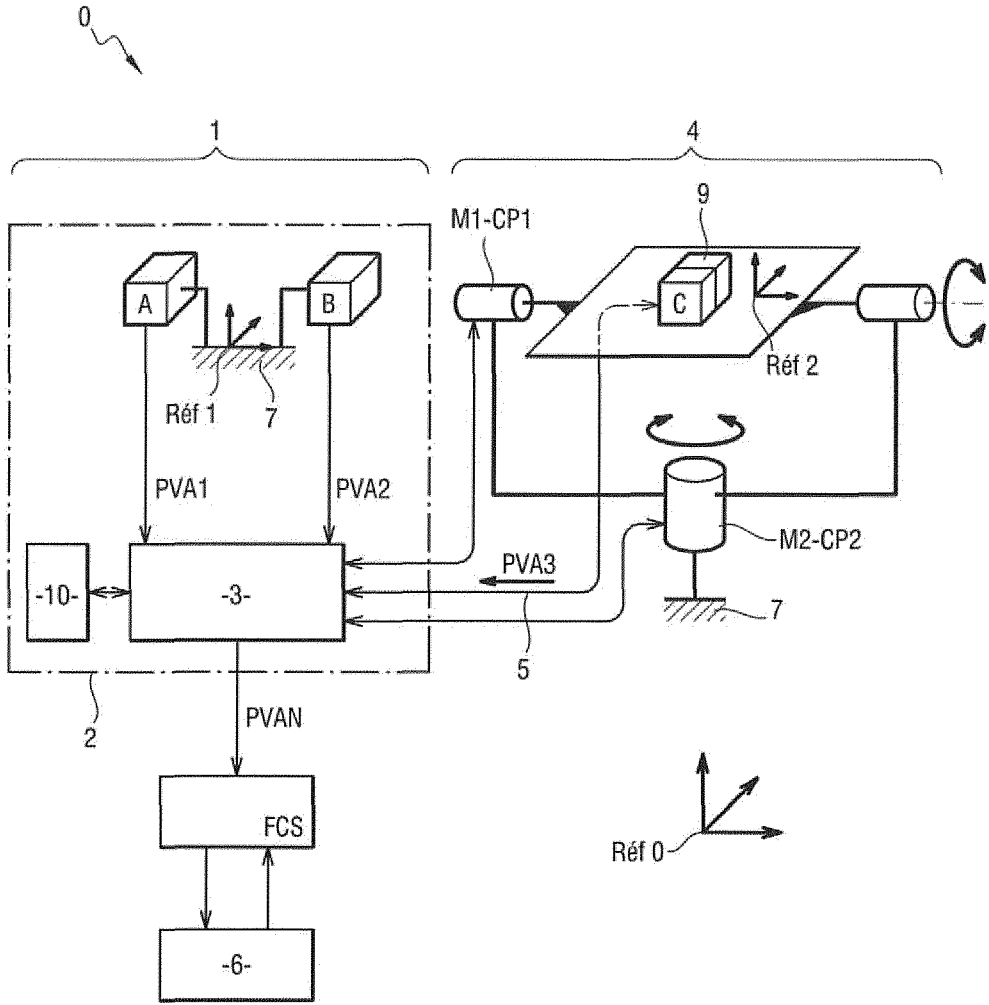
10. Aéronef (0) selon la revendication 9, dans lequel
l'unité de mesure inertielle (C) de l'équipement externe
(4) est agencée pour que l'information brute de
localisation de l'équipement externe (4) qu'elle délivre
30 soit représentative de la position de l'aéronef par rapport
à un point externe à l'aéronef visé par ledit au moins un

capteur d'image du dispositif optronique (9).

11. Aéronef (0) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel chacune des informations brutes de localisation (PVA1, PVA2, PVA3) comprend une valeur de position par rapport à un référentiel externe à l'aéronef (Ref 0), une valeur de vitesse par rapport au référentiel externe à l'aéronef (Ref 0) et une valeur d'attitude par rapport au référentiel externe (Ref0).

12. Aéronef (0) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel le dispositif de localisation (2) comporte exactement deux centrales de navigation inertielle.

[Fig. 1]



[Fig. 2]

