

(19)



(11)

EP 4 576 045 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**25.06.2025 Bulletin 2025/26**

(21) Numéro de dépôt: **24221980.6**

(22) Date de dépôt: **20.12.2024**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):

**G08G 5/00** (2025.01) **G08G 5/21** (2025.01)  
**G08G 5/22** (2025.01) **G08G 5/26** (2025.01)  
**G08G 5/32** (2025.01) **G08G 5/34** (2025.01)  
**G08G 5/53** (2025.01) **G08G 5/55** (2025.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):

**G08G 5/26; G08G 5/21; G08G 5/22; G08G 5/32;**  
**G08G 5/34; G08G 5/53; G08G 5/55; G08G 5/57**

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB**  
**GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL**  
**NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Etats d'extension désignés:

**BA**

Etats de validation désignés:

**GE KH MA MD TN**

(30) Priorité: **21.12.2023 FR 2314733**

(71) Demandeur: **THALES**  
**92190 Meudon (FR)**

(72) Inventeurs:

- **FOURNIER, Melina**  
**33700 MERIGNAC (FR)**
- **GOMEZ, Antoine**  
**33700 MERIGNAC (FR)**
- **CHESNEAU, Raphaël**  
**33700 MERIGNAC (FR)**

(74) Mandataire: **Lavoix**

**2, place d'Estienne d'Orves**  
**75441 Paris Cedex 09 (FR)**

(54) **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE D'AIDE À LA PRÉPARATION D'UN VOL D'UN AÉRONEF, PROGRAMME D'ORDINATEUR ASSOCIÉ**

(57) Ce procédé d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef (12) est mis en oeuvre par un dispositif électronique d'aide à la préparation (10) et comprend les étapes suivantes :

- acquisition de positions d'objets caractéristiques, chaque objet caractéristique étant choisi parmi une zone de passage, une zone cible, un obstacle et un brouilleur GNSS ;
- calcul d'une trajectoire de l'aéronef (12) depuis un point de départ jusqu'à un point d'arrivée, la trajectoire étant calculée en fonction des positions acquises des objets caractéristiques ; et
- affichage, sur un écran d'affichage (14), de la trajectoire calculée.

Lors de l'étape de calcul, la trajectoire de l'aéronef (12) est calculée en fonction en outre d'un ratio estimé, dit qualité PNT, entre une grandeur représentative d'une qualité de réception d'un signal GNSS par un récepteur GNSS (36) embarqué sur l'aéronef (12) et une grandeur représentative d'un bruit résultant d'un brouillage.

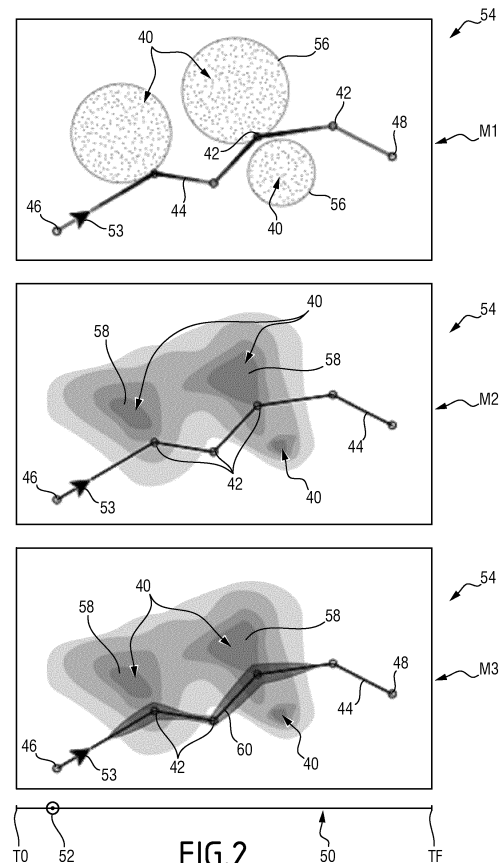


FIG.2

EP 4 576 045 A1

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un procédé d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef, le procédé étant mis en oeuvre par un dispositif électronique d'aide à la préparation ; ainsi qu'un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, mettent en oeuvre un tel procédé d'aide à la préparation.

**[0002]** L'invention concerne également un tel dispositif électronique d'aide à la préparation du vol de l'aéronef.

**[0003]** Une phase de préparation d'un vol d'un aéronef, en particulier une phase de préparation d'une mission, telle qu'une mission de recherche et sauvetage, également appelée SAR (de l'anglais *Search And Rescue*), une mission de treuillage d'une personne ou d'un objet, ou encore une mission de surveillance, est complexe et représente une charge de travail importante pour un utilisateur, ou plus souvent une équipe, en charge de cette préparation.

**[0004]** Un procédé d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef comprend généralement une acquisition de positions d'objets caractéristiques correspondant au vol à préparer ; puis un calcul d'une trajectoire depuis un point de départ jusqu'à un point d'arrivée, ceci en fonction des positions acquises des objets caractéristiques ; et enfin un affichage de la trajectoire calculée, afin de permettre à l'utilisateur d'évaluer la trajectoire proposée, puis de saisir au besoin d'éventuels autres objets caractéristiques et/ou de modifier certains des objets caractéristiques déjà saisis.

**[0005]** Toutefois, le vol ainsi préparé, et en particulier la trajectoire calculée, ne sont pas toujours optimaux.

**[0006]** Le but de l'invention est alors de proposer un procédé, et un dispositif électronique associé, d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef permettant de calculer une meilleure trajectoire de l'aéronef, notamment en termes de sécurité.

**[0007]** A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef, le procédé étant mis en oeuvre par un dispositif électronique d'aide à la préparation et comprenant les étapes suivantes :

- acquisition de positions d'objets caractéristiques, chaque objet caractéristique étant choisi parmi le groupe consistant en : une zone de passage, une zone cible, un obstacle et un brouilleur GNSS ;
- calcul d'une trajectoire de l'aéronef depuis un point de départ jusqu'à un point d'arrivée, la trajectoire étant calculée en fonction des positions acquises des objets caractéristiques ;
- affichage, sur un écran d'affichage, de la trajectoire calculée ;

lors de l'étape de calcul, la trajectoire de l'aéronef est calculée en fonction en outre d'un ratio estimé, dit qualité PNT, entre une grandeur représentative d'une qualité de réception d'un signal GNSS par un récepteur GNSS

embarqué sur l'aéronef et une grandeur représentative d'un bruit résultant d'un brouillage.

**[0008]** Le procédé d'aide à la préparation selon l'invention permet alors de prendre en compte la qualité PNT lors du calcul de la trajectoire, et d'avoir ensuite un positionnement plus fiable de l'aéronef lorsqu'il est en vol, et ce faisant d'améliorer la sécurité en vol de l'aéronef.

**[0009]** La qualité PNT pour Positionnement, Navigation, Temps (de l'anglais *Positioning, Navigation, and Timing*) permet en effet de quantifier la précision, la fiabilité et l'intégrité d'informations de positionnement, de navigation et de synchronisation temporelle fournies par un système de navigation par satellite, également appelé système GNSS (de l'anglais *Global Navigation Satellite System*), tel qu'un système GPS (de l'anglais *Global Positioning System*), un système Galileo, un système Glonass, ou encore un système Beidou.

**[0010]** De préférence, le procédé d'aide à la préparation selon l'invention comporte en outre la détermination d'un seuil minimal souhaité pour la qualité PNT, dit seuil PNT, et la trajectoire est ensuite calculée de manière à ce que la qualité PNT soit supérieure au seuil PNT en chaque point de la trajectoire. Ceci permet alors de garantir une qualité PNT minimale en chaque point de la trajectoire calculée, et donc d'avoir en chaque point de la trajectoire une fiabilité minimale de la position de l'aéronef fournie par le récepteur GNSS.

**[0011]** Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé d'aide à la préparation comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le procédé comprend en outre, préalablement à l'étape de calcul :
  - + détermination d'un seuil minimal souhaité pour la qualité PNT, dit seuil PNT ; et
  - lors de l'étape de calcul, la qualité PNT est supérieure au seuil PNT en chaque point de la trajectoire calculée ;
- lors de l'étape de détermination, le seuil PNT comporte plusieurs valeurs, chacune étant associée à une zone géographique respective ; et lors de l'étape de calcul, la qualité PNT est supérieure à la valeur correspondante du seuil PNT selon la zone géographique où se trouve un point respectif de la trajectoire calculée ;
- la ou les valeurs du seuil PNT sont modifiables par un utilisateur ; notamment après l'affichage de la trajectoire calculée de l'aéronef, la modification d'au moins une valeur du seuil PNT déclenchant alors le calcul d'une nouvelle trajectoire de l'aéronef ;
- le procédé comprend en outre, préalablement à l'étape de calcul :

- + sélection d'au moins un type d'aéronef parmi une pluralité de types prédéfinis ; et
- lors de l'étape de calcul, la trajectoire est calculée respectivement pour chaque type sélectionné d'aéronef ;
- chaque trajectoire calculée pour un type sélectionné respectif étant alors affichable lors de l'étape d'affichage ;
- l'étape d'affichage comporte en outre l'affichage d'une ligne de temps et d'un curseur ; la ligne de temps comportant un instant temporel initial correspondant au point de départ, et plusieurs instants temporels ultérieurs successifs jusqu'à un instant temporel final correspondant au point d'arrivée, les instants ultérieurs étant postérieurs à l'instant initial ; le curseur étant déplaçable par un utilisateur le long de la ligne de temps et indiquant un instant temporel choisi parmi l'instant initial et les instants ultérieurs ; et la trajectoire étant alors affichée en fonction de l'instant temporel choisi, la position de l'aéronef et des objets caractéristiques étant notamment affichés en cet instant temporel choisi ;
- l'étape d'affichage comporte en outre l'affichage d'une représentation de la qualité PNT en différents points successifs de la trajectoire calculée ;
- l'étape d'affichage comporte l'affichage d'une vue cartographique incluant la trajectoire de l'aéronef et une ou plusieurs représentations d'objets caractéristiques en leurs positions respectives ; la vue cartographique étant de préférence affichable selon un mode d'affichage respectif choisi parmi une pluralité de modes distincts d'affichage ; et
- la pluralité de modes distincts d'affichage comporte :
  - + un mode nominal dans lequel tous les objets caractéristiques sont affichés, ainsi que les effets du brouillage ;
  - + un mode GNSS dans lequel des zones représentatives d'effet(s) du ou des brouilleurs GNSS sur la qualité PNT sont affichées de manière centrées sur le ou les brouilleurs GNSS et dépendent de la trajectoire calculée ;
  - + un mode PNT dans lequel la trajectoire est affichée à l'intérieur d'un couloir représentant une zone approximée de la position de l'aéronef.

**[0012]** L'invention concerne également un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, mettent en oeuvre un procédé d'aide à la préparation, tel que défini ci-dessus.

**[0013]** L'invention concerne aussi un dispositif électronique d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef, le dispositif étant destiné à être embarqué dans une plateforme aéronautique et comprenant :

- un module d'acquisition configuré pour acquérir des

positions d'objets caractéristiques, chaque objet caractéristique étant choisi parmi le groupe consistant en : une zone de passage, une zone cible, un obstacle, et un brouilleur GNSS ;

- 5 - un module de calcul configuré pour calculer une trajectoire de l'aéronef depuis un point de départ jusqu'à un point d'arrivée, la trajectoire étant calculée en fonction des positions acquises des objets caractéristiques ;
- 10 - un module d'affichage configuré pour afficher, sur un écran d'affichage, la trajectoire calculée ;

le module de calcul étant configuré pour calculer la trajectoire de l'aéronef en fonction en outre d'un ratio estimé, dit qualité PNT, entre une grandeur représentative d'une qualité de réception d'un signal GNSS par un récepteur GNSS embarqué sur l'aéronef et une grandeur représentative d'un bruit résultant d'un brouillage.

**[0014]** Ces caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- 25 - la figure 1 est une représentation schématique d'une plateforme aéronautique comprenant un dispositif électronique d'affichage d'informations et un dispositif électronique d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef selon l'invention, le dispositif d'aide à la préparation de vol étant connecté au dispositif d'affichage ;
- 30 - la figure 2 est une représentation schématique d'une vue sur un écran d'affichage du dispositif d'affichage de la figure 1, pour différents modes d'affichage d'informations à l'écran, à savoir un mode nominal, un mode GNSS et un mode PNT ; et
- 35 - la figure 3 représente un organigramme d'un procédé, selon l'invention, d'aide à la préparation du vol de l'aéronef, le procédé étant mis en oeuvre par le dispositif d'aide à la préparation de vol de la figure 1.

**[0015]** Sur la figure 1, une plateforme aéronautique 5 comprend un dispositif électronique 8 d'affichage d'informations et un dispositif électronique 10 d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef 12. Le dispositif d'aide à la préparation de vol 10 est connecté au dispositif d'affichage 8.

**[0016]** La plateforme aéronautique 5 est par exemple une plateforme terrestre, tel qu'un centre de commandement de conduite et de planification, une station sol d'opérations de drones, un centre en route de la navigation aérienne (CRNA), un centre de contrôle aérien civil ou une plateforme de planification opérationnelle d'une compagnie aérienne.

**[0017]** En variante, la plateforme aéronautique 5 est une plateforme avionique, typiquement destinée à être embarquée à bord de l'aéronef 12.

**[0018]** Le dispositif d'affichage 8 comporte typique-

ment un écran d'affichage d'informations 14.

**[0019]** Le dispositif d'aide à la préparation de vol 10 comprend un module d'acquisition 20, un module de calcul 22 et un module d'affichage 24. En complément facultatif, le dispositif d'aide à la préparation de vol 10 comprend un module de détermination 26 et/ou un module de sélection 28.

**[0020]** Dans l'exemple de la figure 1, le dispositif d'aide à la préparation de vol 10 comprend une unité de traitement d'informations 30 formée par exemple d'une mémoire 32 et d'un processeur 34 associé à la mémoire 32.

**[0021]** Dans l'exemple de la figure 1, le module d'acquisition 20, le module de calcul 22 et le module d'affichage 24, ainsi qu'en complément facultatif le module de détermination 26 et le module de sélection 28, sont réalisés chacun sous forme d'un logiciel, ou d'une brique logicielle, exécutables par le processeur 34. La mémoire 32 du dispositif d'aide à la préparation de vol 10 est alors apte à stocker un logiciel d'acquisition, un logiciel de calcul et un logiciel d'affichage, ainsi qu'en complément facultatif un logiciel de détermination et un logiciel de sélection. Le processeur 34 est alors apte à exécuter chacun des logiciels parmi le logiciel d'acquisition, le logiciel de calcul et le logiciel d'affichage, ainsi qu'en complément facultatif le logiciel de détermination et le logiciel de sélection.

**[0022]** En variante non représentée, le module d'acquisition 20, le module de calcul 22 et le module d'affichage 24, ainsi qu'en complément facultatif le module de détermination 26 et le module de sélection 28, sont réalisés chacun sous forme d'un composant logique programmable, tel qu'un FPGA (de l'anglais *Field Programmable Gate Array*), ou encore sous forme d'un circuit intégré dédié, tel qu'un ASIC (de l'anglais *Application Specific Integrated Circuit*).

**[0023]** Lorsque le dispositif d'aide à la préparation de vol 10 est réalisé sous forme d'un ou plusieurs logiciels, c'est-à-dire sous forme d'un programme d'ordinateur, il est en outre apte à être enregistré sur un support, non représenté, lisible par ordinateur. Le support lisible par ordinateur est par exemple, un médium apte à mémoriser des instructions électroniques et à être couplé à un bus d'un système informatique. A titre d'exemple, le support lisible est un disque optique, un disque magnéto-optique, une mémoire ROM, une mémoire RAM, tout type de mémoire non volatile (par exemple EPROM, EEPROM, FLASH, NVRAM), une carte magnétique ou une carte optique. Sur le support lisible est alors mémorisé un programme d'ordinateur comprenant des instructions logicielles.

**[0024]** L'aéronef 12 est typiquement un avion, tel qu'un avion de ligne commerciale. En variante, l'aéronef 12 est un hélicoptère.

**[0025]** En variante encore, l'aéronef 12 est un drone, c'est-à-dire un véhicule aérien sans pilote à bord ou UAV (de l'anglais *Unmanned Aerial Vehicle*). Selon cette variante, l'aéronef 12 est alors télé-piloté à distance par un opérateur.

**[0026]** L'aéronef 12 est notamment équipé d'un système de positionnement par satellite, également appelé système GNSS (pour *Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites*, ou encore de l'anglais *Global Navigation Satellite System*), comportant un récepteur 36 de positionnement par satellites et une antenne 38. Ce système GNSS est optionnellement équipé d'un ou plusieurs autres senseurs additionnels d'aide au positionnement, tels que notamment une centrale inertielle, un senseur doppler, une radionavigation en cas de perte d'intégrité, de capacité ou de performance du récepteur 36. Le système GNSS utilise une constellation de satellites et permet de fournir à un utilisateur par l'intermédiaire du ou des senseurs le constituant sa position 3D, sa vitesse 3D et l'heure. Le système GNSS permet ainsi le positionnement, la navigation et la mesure du temps, et forme alors un système dit PNT (pour Positionnement, Navigation et Temps). Le système GNSS est par exemple un système GPS (de l'anglais *Global Positioning System*), un système Galileo, un système Glonass, ou encore un système Beidou.

**[0027]** En particulier, l'aéronef 12 inclut le récepteur 36, également appelé récepteur GNSS embarqué, permettant de recevoir un signal GNSS caractérisé par une qualité de réception.

**[0028]** Le module d'acquisition 20 comporte au moins une interface de communication permettant un échange d'informations avec l'utilisateur.

**[0029]** Le module d'acquisition 20 est configuré pour acquérir des positions d'objets caractéristiques 40, chaque objet caractéristique 40 étant choisi parmi le groupe consistant en : une zone de passage, une zone cible, un obstacle, et un brouilleur GNSS.

**[0030]** Le module d'acquisition 20, par l'intermédiaire de son interface de communication, permet à l'utilisateur de verrouiller certaines données, tel que par exemple une position d'un objet caractéristique 40, de sorte que ces données ne puissent pas être modifiées.

**[0031]** Une zone de passage désigne une zone que l'aéronef 12 doit traverser au cours du vol, celui-ci étant préparé par le dispositif d'aide à la préparation de vol 10. Chaque zone de passage est par exemple une zone géographique à survoler, ou un point de ravitaillement de l'aéronef, etc.

**[0032]** Une zone cible désigne une zone que l'aéronef 12 doit atteindre au cours de son vol. Chaque zone cible est typiquement renseignée en amont du vol par l'utilisateur et représente un objectif du vol. Chaque zone cible est par exemple une zone géographique à survoler, ou un aéroport sur lequel l'aéronef 12 doit atterrir, etc.

**[0033]** Un obstacle désigne un objet présent dans l'espace terrestre ou aérien proche de l'aéronef 12 et qui doit être évité par l'aéronef lors de son vol car il peut être critique pour la sécurité du vol à court, moyen et long terme. Chaque obstacle est par exemple une zone géographique avec une topographie dangereuse, ou une zone d'interdiction de vol ou de survol, etc.

**[0034]** Un brouilleur GNSS désigne un dispositif ayant

la capacité de corrompre et/ou d'empêcher la bonne réception de données par la chaîne de réception du système GNSS équipant l'aéronef 12 dans une zone géographique donnée, chaque brouilleur GNSS ayant une portée caractéristique. La portée d'un brouilleur GNSS est par exemple comprise entre 50 km et 400 km.

**[0035]** Chaque brouilleur GNSS est positionné dans une zone géographique qui a un intérêt stratégique, par exemple un brouilleur à proximité d'un aéroport, un brouilleur à proximité d'une antenne radio, etc.

**[0036]** En complément, le module d'acquisition 20 permet à l'utilisateur d'indiquer un ou plusieurs points de passage 42 (de l'anglais *waypoint*). Ceci permet donc à l'utilisateur de définir les points de passage 42 par lesquels devra passer une trajectoire 44 de l'aéronef 12.

**[0037]** Avantageusement, le module d'acquisition 20 comporte une mémoire, non représentée. La mémoire est typiquement apte à stocker l'historique de saisie des données d'un vol par l'utilisateur, pour permettre à l'utilisateur de les réutiliser pour un prochain vol.

**[0038]** Le module de calcul 22 est configuré pour calculer la trajectoire 44 de l'aéronef 12 depuis un point de départ 46 jusqu'à un point d'arrivée 48.

**[0039]** Le module de calcul 22 est configuré pour calculer la trajectoire 44 en fonction des positions des objets caractéristiques 40 acquises par le module d'acquisition 20, et en fonction en outre d'un ratio estimé, dit qualité PNT, entre une grandeur représentative d'une qualité de réception d'un signal GNSS par un récepteur GNSS 36 embarqué sur l'aéronef 12 et une grandeur représentative d'un bruit résultant d'un brouillage.

**[0040]** La grandeur représentative de la qualité de réception du signal GNSS est par exemple une intensité du signal reçu, un nombre de satellites pistés, une traçabilité et une valeur du rapport signal/bruit des signaux satellitaires, un signal plus bruyant couvrant celui détecté, etc.

**[0041]** La grandeur représentative du bruit résultant d'un brouillage volontaire et délibéré est par exemple un niveau de signal sur bruit, ou une atténuation, typiquement exprimés en dB.

**[0042]** La qualité PNT est la résultante et la traduction du calcul des impacts des interférences des signaux GNSS dans le cas d'un brouillage. La qualité PNT est par exemple estimée à partir d'un calcul d'impact d'interférences sur le signal GNSS dans le cas d'un brouillage. Un algorithme de calcul d'un impact des sources de perturbations électromagnétiques sur le fonctionnement du système GNSS est par exemple décrit dans la demande FR 23 07282 déposée le 7 juillet 2023. Ce document décrit le calcul de l'impact des interférences, puis la transcription de cet impact calculé en différents niveaux correspondant à des états du service GNSS. Ces niveaux servent alors à quantifier et à expliciter la qualité PNT.

**[0043]** La prise en compte de la qualité PNT lors du calcul de la trajectoire 44 permet alors de limiter un risque de brouillage du système GNSS de l'aéronef 12, et

d'améliorer ainsi la sécurité du vol de l'aéronef 12.

**[0044]** La trajectoire 44 calculée par le module de calcul 22 consiste en un ensemble de coordonnées géographiques définies en fonction du temps, de sorte à définir un ensemble de coordonnées empruntées par l'aéronef 12 au cours du vol. Les positions définies par ces coordonnées sont alors calculées en prenant en compte les positions des objets caractéristiques 40, la qualité PNT des zones géographiques et les points de passage 42.

**[0045]** En particulier, les coordonnées géographiques composant la trajectoire 44 sont avantageusement situées dans une zone géographique présentant une qualité PNT satisfaisante.

**[0046]** En présence de points de passage 42 renseignés par l'utilisateur, la trajectoire 44 est calculée en prenant en compte la contrainte liée à ces points de passage 42.

**[0047]** Le module d'affichage 24 est configuré pour afficher, sur l'écran d'affichage 14, la trajectoire calculée 44. Cet affichage est décrit plus en détail par la suite.

**[0048]** En complément facultatif, le module de détermination 26 est configuré pour déterminer un seuil minimal souhaité pour la qualité PNT, aussi appelé seuil PNT.

**[0049]** Selon ce complément facultatif, le module de calcul 22 est alors configuré pour calculer la trajectoire 44 de telle sorte que la qualité PNT est supérieure au seuil PNT en chaque point de la trajectoire calculée 44. L'aéronef 12 reçoit alors un signal GNSS avec une qualité de réception suffisante pour obtenir un positionnement de l'aéronef 12 avec une précision satisfaisante, c'est-à-dire pour permettre à l'aéronef 12 de se déplacer en sécurité - du point de vue de son positionnement - dans la zone géographique associée.

**[0050]** Avantageusement, le seuil PNT comporte plusieurs valeurs, chacune étant associée à une zone géographique respective. Les zones géographiques couvrent avantageusement l'ensemble des zones susceptibles d'être survolées par l'aéronef 12 durant son vol.

**[0051]** Selon cet aspect avantageux, le module de calcul 22 est alors configuré pour calculer la trajectoire 44 de telle sorte que la qualité PNT est supérieure à la valeur correspondante du seuil PNT selon la zone géographique où se trouve un point respectif de la trajectoire calculée 44.

**[0052]** Avantageusement encore, la ou les valeurs du seuil PNT sont modifiables par l'utilisateur. Chaque valeur du seuil PNT est notamment modifiable après l'affichage de la trajectoire calculée 44 de l'aéronef 12, la modification d'au moins une valeur du seuil PNT déclenchant alors le calcul 130 d'une nouvelle trajectoire 44 de l'aéronef 12.

**[0053]** En complément facultatif, le module de sélection 28 est configuré pour sélectionner au moins un type d'aéronef 12 parmi une pluralité de types prédéfinis, par exemple à partir d'informations reçues de l'utilisateur. La pluralité de types prédéfinis comporte par exemple : un type avion, un type hélicoptère, un type drone ou UAV (de

l'anglais *Unmanned Aerial Vehicle*) ; le type avion étant optionnellement précisé davantage en incluant alors un type avion de ligne commerciale, un type avion militaire, un type avion de tourisme, etc.

[0054] Selon ce complément facultatif, le module de calcul 22 est alors configuré pour calculer la trajectoire 44 pour chaque type sélectionné d'aéronef 12, et chaque trajectoire calculée 44 pour un type sélectionné respectif est alors affichable.

[0055] Selon ce complément facultatif, le module d'acquisition 20 est alors configuré pour mettre avantageusement en place une hiérarchisation de l'acquisition des données d'entrée. Par exemple, l'acquisition des données s'effectue dans l'ordre suivant : choix du type d'aéronef, choix de la zone cible, saisie des objets caractéristiques 40 et saisie des points de passage 42.

[0056] Selon ce complément facultatif, le module de sélection 28 est optionnellement configuré pour sélectionner plusieurs types d'aéronefs 12, et le module de calcul 22 est alors configuré pour calculer une trajectoire 44 respective pour chaque type d'aéronef 12 sélectionné.

[0057] L'affichage par le module d'affichage 24 de la trajectoire 44 calculée par le module de calcul 22 va être à présent décrit plus en détail.

[0058] Selon un premier cas d'utilisation au sein d'une plateforme terrestre, comme par exemple un centre de commandement de conduite et de planification, le dispositif d'affichage 8 comporte par exemple une pluralité d'écrans d'affichages individuels 14 collaborant ensemble. Un écran géant, non représenté, affichant une synthèse des informations affichées sur les écrans individuels 14 complète avantageusement le dispositif d'affichage 8.

[0059] Selon un deuxième cas d'utilisation au sein d'un aéronef 12 en vol, le dispositif d'affichage 8 comporte par exemple, en complément de l'écran d'affichage 14, une tablette indépendante, un dispositif d'affichage tête haute ou HUD (de l'anglais *Head Up Display*), et/ou un casque disposant d'une technologie de réalité mixte.

[0060] Comme visible sur la figure 2, le module d'affichage 24 est configuré pour afficher ligne de temps 50 et un curseur 52. La ligne de temps 50 comporte un instant temporel initial T0 correspondant au point de départ 46, et plusieurs instants temporels ultérieurs successifs jusqu'à un instant temporel final TF correspondant au point d'arrivée 48, les instants ultérieurs étant postérieurs à l'instant initial T0.

[0061] Les instants temporels ultérieurs successifs sont typiquement définis d'une manière discrétisée, ou encore échantillonnée, entre les instants temporels initial T0 et final TF. Un pas de discrétisation, ou encore d'échantillonnage, c'est-à-dire un écart intemporel entre deux instants temporels successifs le long de la ligne de temps 50, est avantageusement paramétrable par l'utilisateur. Ce pas d'échantillonnage dépend en outre typiquement de la longueur de la ligne de temps 50 lorsqu'elle est affichée à l'écran 14, ainsi que de la

résolution de l'écran. Autrement dit, la ligne de temps 50 est affichée sous forme d'un nombre de pixels successifs, et le pas d'échantillonnage correspond avantageusement à au moins un pixel.

[0062] Le curseur 52 est déplaçable par l'utilisateur le long de la ligne de temps 50 et indique un instant temporel choisi parmi l'instant initial T0 et les instants temporels ultérieurs successifs et l'instant temporel final TF.

[0063] La trajectoire 44 est alors affichée par le module d'affichage 24 en fonction de l'instant temporel choisi, la position de l'aéronef 12, représentée par un symbole 53 en forme de flèche, et des objets caractéristiques 40 étant notamment affichés en cet instant temporel choisi, correspondant à la position du curseur 52 le long de la ligne de temps 50.

[0064] De plus, le module d'affiche 24 est configuré pour afficher une représentation de la qualité PNT en différents points successifs de la trajectoire 44 calculée.

[0065] Le module d'affichage 24 est alors typiquement configuré pour délivrer, au dispositif d'affichage 8 et en vue de leur affichage, une vue cartographique 54 incluant la trajectoire 44 de l'aéronef 12 et une ou plusieurs représentations d'objets caractéristiques 40 en leurs positions respectives.

[0066] Le module d'affichage 24 est avantageusement configuré pour afficher sur le dispositif d'affichage 8 la vue cartographique 54 selon plusieurs modes distincts d'affichages. Dans l'exemple de la figure 2, le module d'affichage 24 est configuré pour afficher la vue cartographique 54 selon trois modes distincts d'affichages, à savoir un mode nominal M1, un mode GNSS M2 et un mode PNT M3.

[0067] Le mode nominal M1, aussi appelé mode « Impacts », permet un affichage de l'ensemble des objets caractéristiques 40 acquis par le module d'acquisition 20, ainsi que les effets du brouillage.

[0068] Selon le mode nominal M1, les effets du brouillage sont en outre représentés par des zones circulaires grisées 56. Le rayon de ces zones circulaires 56 définit la portée du brouillage.

[0069] Le mode GNSS M2, aussi appelé mode « GNSS view », permet l'affichage de zones représentatives d'effet(s) 58 du ou des brouilleurs GNSS sur la qualité PNT.

[0070] Selon le mode GNSS M2, les zones représentatives d'effet(s) 58 sont centrées sur les brouilleurs GNSS et dépendent de la trajectoire 44 calculée.

[0071] L'intensité des effet(s) du ou des brouilleurs GNSS sur la qualité PNT pourra notamment être affichée grâce à l'utilisation d'un diagramme en couleur (de l'anglais *heatmap chart*).

[0072] Le mode PNT M3, aussi appelé mode « PNT fidelity », permet un affichage similaire à l'affichage du mode GNSS M2, avec en outre la trajectoire 44 de l'aéronef 12 affichée à l'intérieur d'un couloir 60 représentant une zone approximée de la position de l'aéronef 12.

[0073] En complément, le module d'affichage 24 est configuré pour afficher la vue cartographique 54 selon

différents modes graphiques d'affichage : mode 2D, mode 3D ou encore différentes orientations de la vue cartographique 54, tel qu'une vue orientée dans la direction de l'aéronef 12. Ces différents modes graphiques d'affichage sont par exemple au choix de l'utilisateur.

**[0074]** En complément encore, le module d'affichage 24 est configuré pour délivrer une représentation réelle de la zone géographique adjacente à la trajectoire 44, notamment sous forme de courbes de niveaux.

**[0075]** En complément encore, le module d'affichage 24 est configuré pour afficher avantageusement une représentation simplifiée de la trajectoire 44 de l'aéronef, notamment avec seulement les objets caractéristiques 40 les plus critiques.

**[0076]** En complément encore, le module d'affichage 24 est configuré pour afficher plusieurs fenêtres sur l'écran d'affichage 14, notamment sous forme d'une vue scindée en fenêtres, chaque fenêtre comportant un mode d'affichage spécifique ou une trajectoire 44 pour un des aéronefs 12 sélectionnés.

**[0077]** Le fonctionnement de la plateforme aéronautique 5, et en particulier du dispositif électronique d'aide à la préparation 10, va désormais être expliqué, notamment à l'aide de la figure 3 représentant un organigramme du procédé, selon l'invention, d'aide à la préparation d'un vol de l'aéronef 12.

**[0078]** Lors d'une étape initiale 100, le dispositif d'aide à la préparation 10 acquiert, via le module d'acquisition 12, les positions d'objets caractéristiques 40, chaque objet caractéristique 40 étant typiquement une zone de passage, une zone cible, un obstacle, ou encore un brouilleur GNSS.

**[0079]** L'acquisition de ces positions d'objets caractéristiques 40 peut notamment se faire par action de l'utilisateur via l'interface de communication.

**[0080]** Lors d'une étape suivante 110 optionnelle, le dispositif d'aide à la préparation 10 détermine, via son module de détermination 26, le seuil PNT, c'est-à-dire le seuil minimal souhaité pour la qualité PNT. Avantageusement, plusieurs valeurs de seuil PNT sont déterminées lors de cette étape de détermination 110, chacune étant typiquement associée à une zone géographique respective.

**[0081]** Avantageusement encore, lors de cette étape de détermination 110, la ou les valeurs du seuil PNT sont modifiables par l'utilisateur, notamment après l'affichage de la trajectoire calculée 44 de l'aéronef 12, ce qui déclenche alors le calcul d'une nouvelle trajectoire 44 de l'aéronef 12.

**[0082]** À l'issue de l'étape de détermination 110, le dispositif d'aide à la préparation 10 passe à une étape suivante 120, également optionnelle, lors de laquelle il sélectionne, via son module de sélection 28, au moins un type de l'aéronef 12. Cette sélection est également typiquement effectuée à partir d'une interaction de l'utilisateur.

**[0083]** Ensuite, lors d'une étape de calcul 130, le dispositif d'aide à la préparation 10 calcule, via son module

de calcul 22, la trajectoire 44 de l'aéronef depuis le point de départ 46 jusqu'au point d'arrivée 48.

**[0084]** La trajectoire 44 de l'aéronef 12 est calculée en fonction des positions acquises des objets caractéristiques 40 et en fonction en outre de la qualité PNT, selon l'invention.

**[0085]** Lorsqu'un ou plusieurs seuils PNT ont été déterminés préalablement lors de l'étape de détermination 110, la trajectoire 44 est avantageusement calculée lors de l'étape de calcul 130 en fonction en outre du ou des seuils PNT déterminés, la trajectoire 44 étant alors typiquement calculée de telle sorte que la qualité PNT est supérieure au seuil PNT en chaque point de la trajectoire calculée, encore de telle sorte que la qualité PNT est supérieure à la valeur correspondante du seuil PNT selon la zone géographique associée.

**[0086]** Lors d'une étape d'affichage 140 suivante, la trajectoire 44 (calculée précédemment lors de l'état de calcul 130) est affichée par l'intermédiaire du module d'affichage 24. L'utilisateur peut alors modifier l'affichage de cette trajectoire 44 en utilisant les multiples propriétés du module d'affichage 24 décrites ci-dessus.

**[0087]** L'utilisateur peut notamment choisir un mode d'affichage parmi le mode nominal M1, le mode GNSS M2 ou le mode PNT M3.

**[0088]** En complément facultatif, le procédé comprend en outre la possibilité d'ajouter au moins un point de passage 42 avec un seuil PNT spécifique, et la trajectoire 44 est alors recalculée par le module de calcul 22 pour y inclure le nouveau point de passage 42, puis affichée via le module d'affichage 24.

**[0089]** Lorsqu'on complément facultatif, l'utilisateur modifie la valeur d'un ou de plusieurs seuils PNT, cela lui permet par exemple d'abaisser le seuil PNT par rapport au seuil déterminé préalablement, notamment lorsque la qualité PNT n'est pas une donnée critique dans la zone géographique visée, et cela permet alors une plus grande latitude pour le calcul de la trajectoire 44. Inversement, si l'utilisateur sait que l'aéronef 12 va passer dans une zone géographique où la localisation de l'aéronef 12 doit être mesurée de manière particulièrement précise, et que la qualité PNT est une donnée critique dans ladite zone géographique, l'utilisateur peut alors augmenter le seuil PNT par rapport au seuil déterminé préalablement, ce qui déclenche alors automatiquement le calcul d'une nouvelle trajectoire 44 de l'aéronef 12. La latitude pour le calcul de cette nouvelle trajectoire 44 sera alors plus faible, mais la sécurité du vol de l'aéronef 12 sera améliorée de par la meilleure qualité PNT imposée, aboutissant alors à une mesure plus précise de la localisation de l'aéronef 12.

**[0090]** On conçoit alors que le dispositif d'aide à la préparation 10 et le procédé d'aide à la préparation du vol selon invention permettent de calculer une meilleure trajectoire 44 de l'aéronef 12, notamment en termes de sécurité. Ils permettent également une réduction de la charge cognitive de l'utilisateur pour la préparation du vol de l'aéronef 12.

## Revendications

1. Procédé d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef (12), le procédé étant mis en oeuvre par un dispositif électronique d'aide à la préparation (10) et comprenant les étapes suivantes :

- acquisition (100) de positions d'objets caractéristiques (40), chaque objet caractéristique (40) étant choisi parmi le groupe consistant en : une zone de passage, une zone cible, un obstacle et un brouilleur GNSS ; la zone de passage désignant une zone que l'aéronef doit traverser au cours du vol, la zone cible désignant une zone que l'aéronef doit atteindre au cours de son vol ;  
 - détermination (110) d'un seuil minimal souhaité pour la qualité PNT, dit seuil PNT ;  
 - calcul (130) d'une trajectoire (44) de l'aéronef (12) depuis un point de départ (46) jusqu'à un point d'arrivée (48), la trajectoire (44) étant calculée en fonction des positions acquises des objets caractéristiques (40) ;  
 - affichage (140), sur un écran d'affichage (14), de la trajectoire calculée (44) ;

**caractérisé en ce que**, lors de l'étape de calcul (130), la trajectoire (44) de l'aéronef (12) est calculée en fonction en outre d'un ratio estimé, dit qualité PNT pour Positionnement, Navigation, Temps, entre une grandeur représentative d'une qualité de réception d'un signal GNSS par un récepteur GNSS (36) embarqué sur l'aéronef (12) et une grandeur représentative d'un bruit résultant d'un brouillage, et la qualité PNT est supérieure au seuil PNT en chaque point de la trajectoire calculée (44).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, lors de l'étape de détermination (110), le seuil PNT comporte plusieurs valeurs, chacune étant associée à une zone géographique respective ; et lors de l'étape de calcul (130), la qualité PNT est supérieure à la valeur correspondante du seuil PNT selon la zone géographique où se trouve un point respectif de la trajectoire calculée (44).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, la ou les valeurs du seuil PNT sont modifiables par un utilisateur ; notamment après l'affichage (140) de la trajectoire calculée (44) de l'aéronef (12), la modification d'au moins une valeur du seuil PNT déclenchant alors le calcul (130) d'une nouvelle trajectoire (44) de l'aéronef (12).
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le procédé comprend en outre, préalablement à l'étape de calcul (130) :

- sélection (120) d'au moins un type d'aéronef (12) parmi une pluralité de types prédéfinis ; et lors de l'étape de calcul (130), la trajectoire (44) est calculée respectivement pour chaque type sélectionné d'aéronef (12) ;  
 chaque trajectoire calculée (44) pour un type sélectionné respectif étant alors affichable lors de l'étape d'affichage (140).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape d'affichage (140) comporte en outre l'affichage d'une ligne de temps (50) et d'un curseur (52) ; la ligne de temps (50) comportant un instant temporel initial (T0) correspondant au point de départ (46), et plusieurs instants temporels ultérieurs successifs jusqu'à un instant temporel final (TF) correspondant au point d'arrivée (48), les instants ultérieurs étant postérieurs à l'instant initial (T0) ; le curseur (52) étant déplaçable par un utilisateur le long de la ligne de temps (50) et indiquant un instant temporel choisi parmi l'instant initial et les instants ultérieurs ; et la trajectoire (44) étant alors affichée en fonction de l'instant temporel choisi, la position de l'aéronef (12) et des objets caractéristiques (40) étant notamment affichés en cet instant temporel choisi.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape d'affichage (140) comporte en outre l'affichage d'une représentation de la qualité PNT en différents points successifs de la trajectoire calculée (44).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape d'affichage (140) comporte l'affichage d'une vue cartographique incluant la trajectoire (44) de l'aéronef (12) et une ou plusieurs représentations d'objets caractéristiques (40) en leurs positions respectives ; la vue cartographique étant de préférence affichable selon un mode d'affichage respectif choisi parmi une pluralité de modes distincts d'affichage.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la pluralité de modes distincts d'affichage comporte :

- un mode nominal (M1) dans lequel tous les objets caractéristiques (40) sont affichés, ainsi que les effets du brouillage ;  
 - un mode GNSS (M2) dans lequel des zones représentatives d'effet(s) du ou des brouilleurs GNSS sur la qualité PNT sont affichées de manière centrées sur le ou les brouilleurs GNSS et dépendent de la trajectoire calculée (44) ;  
 - un mode PNT (M3) dans lequel la trajectoire (44) est affichée à l'intérieur d'un couloir (60) représentant une zone approximée de la position de l'aéronef (12).



9. Programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, mettent en oeuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes. 5

10. Dispositif électronique (10) d'aide à la préparation d'un vol d'un aéronef (12), le dispositif (10) étant destiné à être embarqué dans une plateforme aéronautique (5) et comprenant : 10

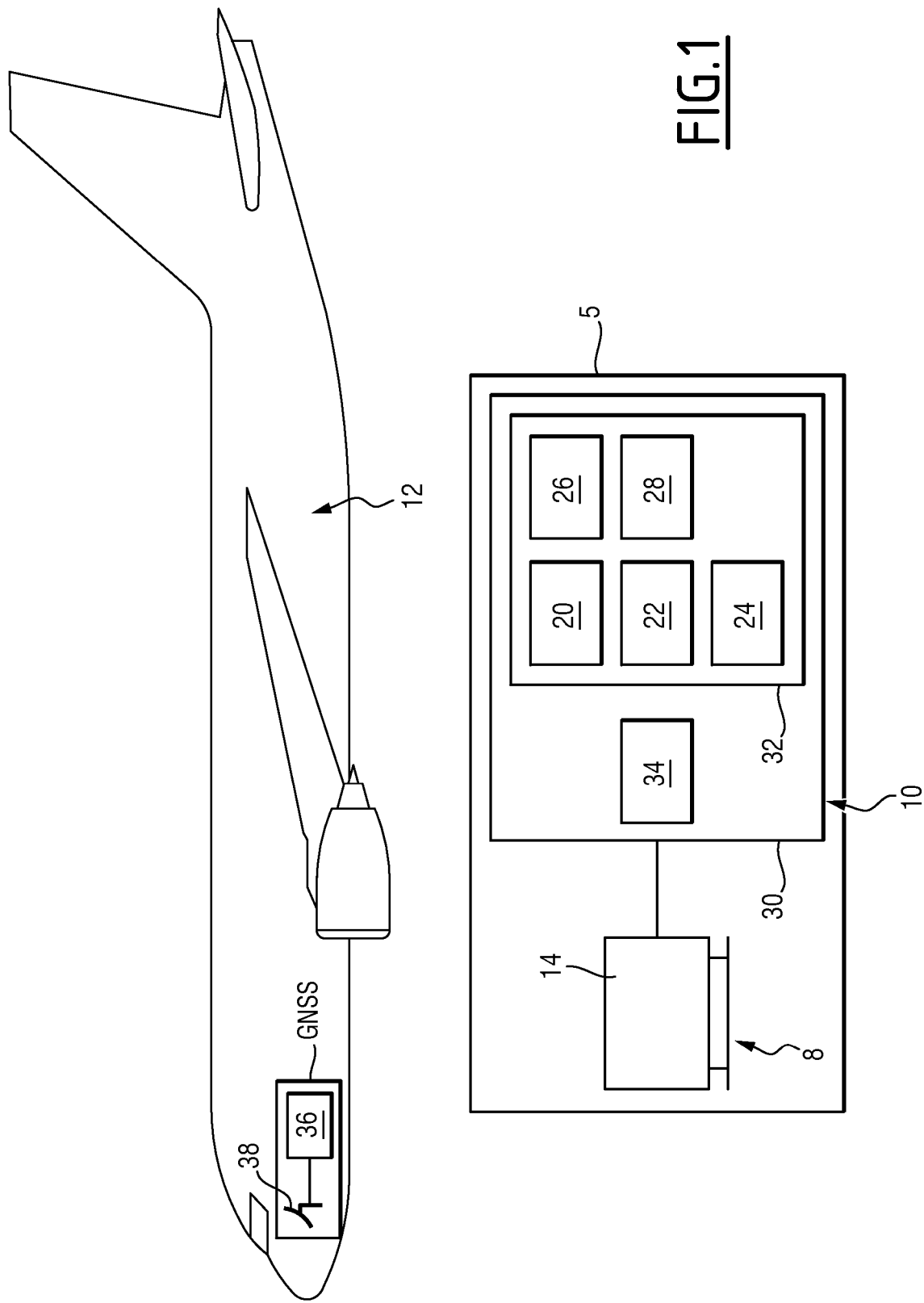
- un module d'acquisition (20) configuré pour acquérir des positions d'objets caractéristiques (40), chaque objet caractéristique (40) étant choisi parmi le groupe consistant en : une zone de passage, une zone cible, un obstacle, et un brouilleur GNSS ; la zone de passage désignant une zone que l'aéronef doit traverser au cours du vol, la zone cible désignant une zone que l'aéronef doit atteindre au cours de son vol ; 15 20
- un module de détermination (26) configuré pour déterminer un seuil minimal souhaité pour la qualité PNT, dit seuil PNT ;
- un module de calcul (22) configuré pour calculer une trajectoire (44) de l'aéronef (12) depuis un point de départ (46) jusqu'à un point d'arrivée (48), la trajectoire (44) étant calculée en fonction des positions acquises des objets caractéristiques (40) ; 25
- un module d'affichage (24) configuré pour afficher, sur un écran d'affichage (14), la trajectoire calculée (44) ; 30

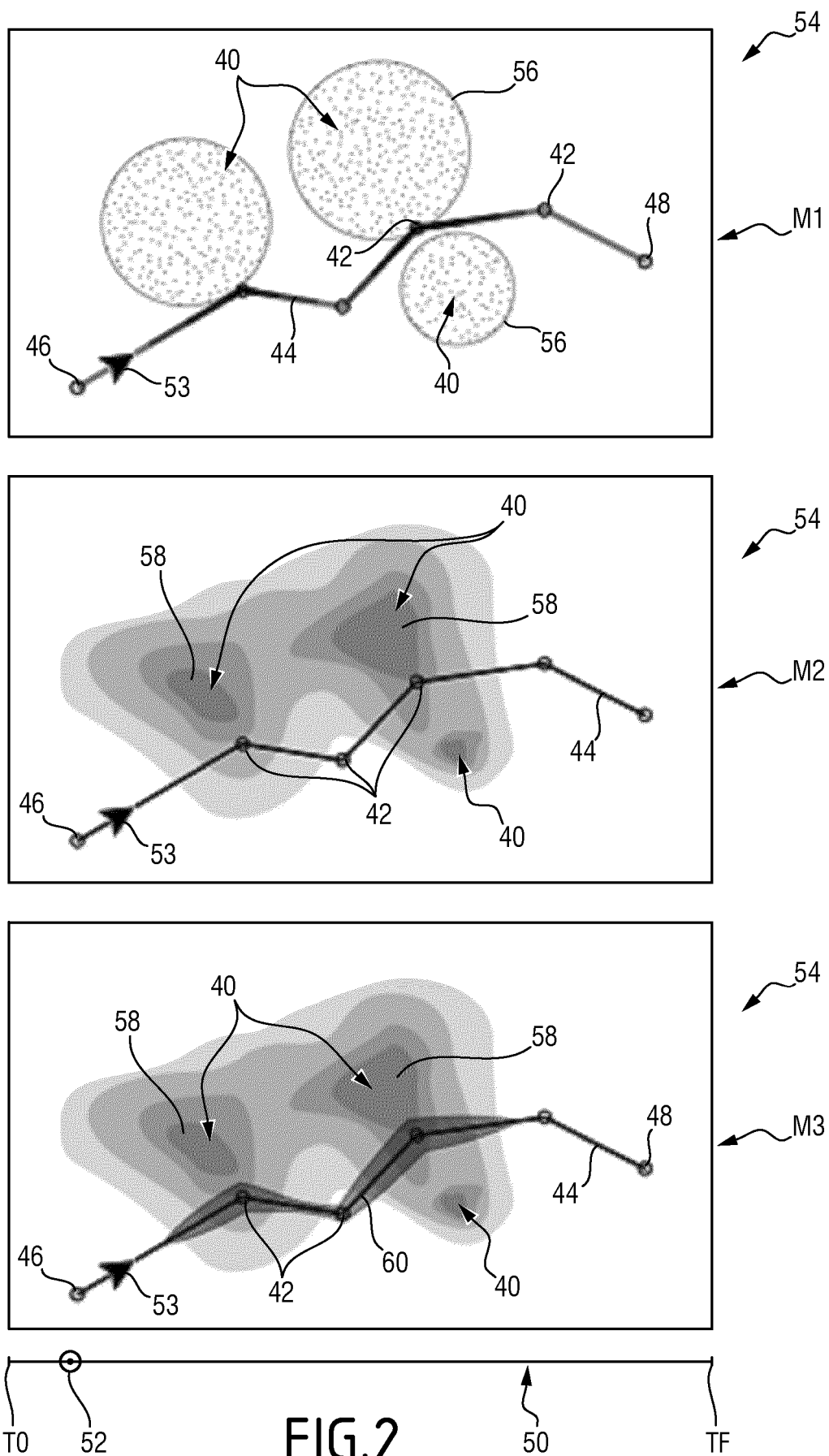
caractérisé en ce le module de calcul (22) est configuré pour calculer la trajectoire (44) de l'aéronef (12) en fonction en outre d'un ratio estimé, dit qualité PNT pour Positionnement, Navigation, Temps, entre une grandeur représentative d'une qualité de réception d'un signal GNSS par un récepteur GNSS (36) embarqué sur l'aéronef (12) et une grandeur représentative d'un bruit résultant d'un brouillage, et la qualité PNT est supérieure au seuil PNT en chaque point de la trajectoire calculée (44). 35 40

45

50

55





**FIG. 2**

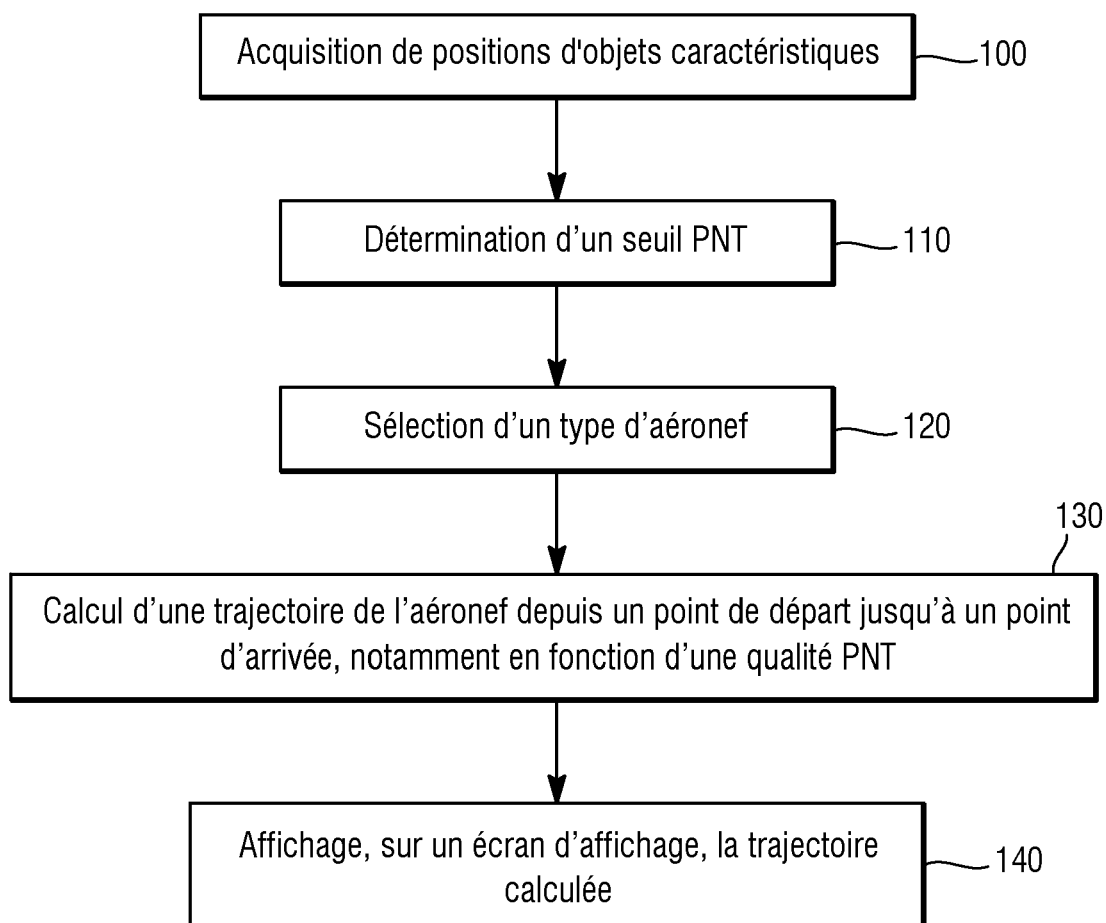


FIG.3



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 22 1980

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 11 043 132 B1 (AUCOIN MICHAEL A [US] ET AL) 22 juin 2021 (2021-06-22)	1-4,6-10	INV.
Y	* colonne 2, ligne 18 - ligne 20 *	5	G08G5/00
	* colonne 3, ligne 32 - ligne 37 *		G08G5/21
	* colonne 4, ligne 57 - colonne 5, ligne 2 *		G08G5/22
	* colonne 5, ligne 39 - ligne 43 *		G08G5/26
	* colonne 6, ligne 26 - ligne 54 *		G08G5/32
	* colonne 9, ligne 56 - colonne 10, ligne 23 *		G08G5/34
	* colonne 10, ligne 2 - ligne 23 *		G08G5/53
	* colonne 12, ligne 61 - ligne 64 *		G08G5/55
	* colonne 13, ligne 3 - ligne 49 *		
	* colonne 13, ligne 62 - ligne 65 *		
	* colonne 14, ligne 13 - ligne 17 *		
	* revendications 6, 18 *		
	* figure 1 *		
Y	US 2022/018972 A1 (BENNINGTON JEREMY CHARLES [US] ET AL) 20 janvier 2022 (2022-01-20)	5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
	* alinéa [0166] *		G08G
	* alinéa [0168] *		
	* alinéa [0173] - alinéa [0175] *		
	* alinéa [0187] - alinéa [0188] *		
	* figure 7A *		
A	US 2023/280472 A1 (MOHAN RAJEEV [IN] ET AL) 7 septembre 2023 (2023-09-07)	1-10	
	* alinéa [0009] *		
	* alinéa [0022] - alinéa [0023] *		
	* alinéa [0058] *		
	* revendication 1 *		
	* figure 2 *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		2 mai 2025	Renaudie, Cécile
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 24 22 1980

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de  
recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02 - 05 - 2025

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 11043132 B1	22-06-2021	AUCUN	
US 2022018972 A1	20-01-2022	GB 2601584 A US 2022018972 A1	08-06-2022 20-01-2022
US 2023280472 A1	07-09-2023	EP 4239374 A1 US 2023280472 A1	06-09-2023 07-09-2023

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- FR 2307282 [0042]