



(11)

EP 3 764 341 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
13.01.2021 Bulletin 2021/02

(51) Int Cl.:
G08G 5/02 (2006.01) G08G 5/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **20184655.7**

(22) Date de dépôt: **08.07.2020**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **THALES**
92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeurs:
• **Roger, Michel**
31036 TOULOUSE (FR)
• **Bataillon, Valérie**
31036 TOULOUSE (FR)

(30) Priorité: **08.07.2019 FR 1907585**

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **PROCÉDÉ ET SYSTÈME ÉLECTRONIQUE DE GESTION DU VOL D'UN AÉRONEF EN PHASE D'APPROCHE VISUELLE VERS UNE PISTE D'ATERRISSAGE, PROGRAMME D'ORDINATEUR ASSOCIÉ**

(57) Ce procédé de gestion du vol d'un aéronef en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage est mis en œuvre par un système électronique de gestion de vol et comprend :

- l'acquisition (120) d'au moins un ensemble parmi un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle, au moins l'une desdites valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle étant désignable par un utilisateur,
- le calcul (130) d'au moins une trajectoire parmi une trajectoire latérale d'approche visuelle à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale et une trajectoire verticale d'approche visuelle à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire verticale, et
- la génération (140) d'une trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle.

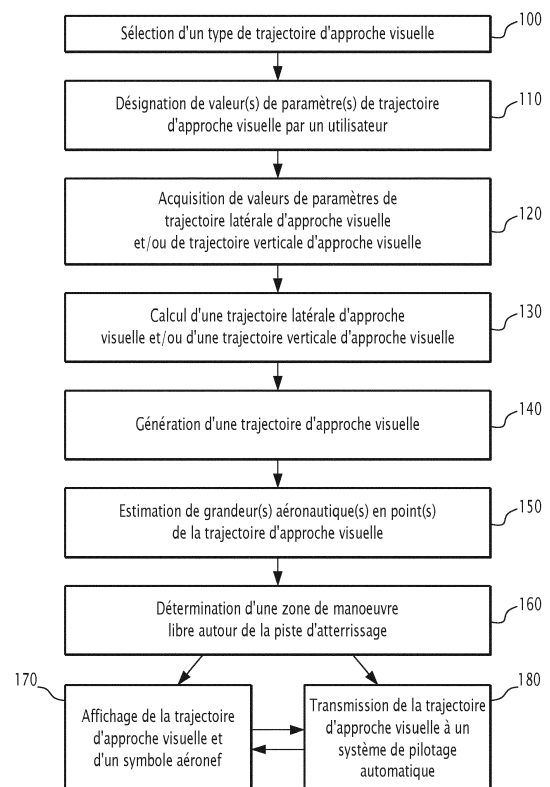


FIG.8

EP 3 764 341 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de gestion du vol d'un aéronef en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage, le procédé étant mis en œuvre par un système électronique de gestion de vol.

L'invention concerne également un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, mettent en œuvre un tel procédé de gestion du vol.

L'invention concerne également un système électronique de gestion de vol configuré pour gérer le vol d'un aéronef en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage.

[0002] L'invention concerne alors le domaine des procédés et systèmes d'aide au pilotage d'un aéronef, de préférence destinés à être embarqués à bord de l'aéronef.

L'invention concerne en particulier le domaine de la gestion du vol d'un aéronef, notamment en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage.

[0003] Parmi les approches dites visuelles, on connaît une manœuvre à vue imposée, également notée MVI, ou encore VPT (de l'anglais *Visual with Prescribed Track*), qui correspond à une manœuvre à vue effectuée à l'issue d'une procédure d'approche aux instruments, cette manœuvre étant effectuée en suivant une trajectoire à l'aide de repères visuels. Parmi les approches visuelles, on connaît également une manœuvre à vue libre (de l'anglais *Circling*), également notée MVL, qui correspond à une manœuvre à vue effectuée à l'issue de la procédure d'approche aux instruments, et pour laquelle le pilote n'a pas de trajectoire à respecter, tout en devant néanmoins rester à l'intérieur de limites d'une aire de protection associée à l'aéronef.

Dans le cas d'une manœuvre à vue imposée MVI, la trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage, que doit suivre l'aéronef, est généralement indiquée sur des cartes de navigation aérienne, et ces cartes indiquent alors typiquement des repères au sol visuels pour le pilote. Le pilote se fie alors aux repères au sol pour guider l'aéronef vers la piste d'atterrissage selon cette manœuvre à vue imposée, mais l'interprétation de ces repères visuels est susceptible de changer d'un pilote à l'autre, voire d'un jour à l'autre pour un même pilote, ce qui engendre des trajectoires non prédictibles, sources d'accident(s) potentiel(s).

[0004] On connaît également des systèmes de gestion de vol, également notés FMS (de l'anglais *Flight Management System*) conçus pour préparer, et ensuite asservir automatiquement l'aéronef sur une trajectoire établie à partir d'un plan de vol. Dans ce mode de fonctionnement, également appelé mode de guidage managé, l'aéronef est guidé par le système de gestion de vol et le pilote automatique, également appelé système de pilotage automatique, selon une trajectoire en trois dimensions, ou trajectoire 3D. Pour construire un plan de vol et la trajectoire 3D associée, le système de gestion de vol s'appuie typiquement sur une base de données de navigation comportant des éléments caractéristiques de la navigation aérienne, tels que des points de passage (de l'anglais *waypoint*), des balises de navigation, des procédures de vol en croisière (de l'anglais *Airways*), des procédures pour une phase de départ (SID), des procédures APP et STAR pour une phase d'approche. En particulier, lorsque le pilote sélectionne une procédure d'approche, le système de gestion de vol insère, dans le plan de vol, ladite procédure d'approche qui est caractérisée par une succession de segments définis par un point terminaison et une manière de le rejoindre, lesdits segments étant issus de la base de données de navigation. De plus, le système de gestion de vol calcule, pour chacun des points de passage du plan de vol, des prédictions (ou estimations) de l'heure, de l'altitude, de la vitesse, et/ou du fuel restant au point de passage respectif.

Cependant, pour une approche visuelle, il n'existe pas de caractérisation dans la base de données de navigation, et le système de gestion de vol n'est alors pas capable de fournir une aide au pilote pour la phase d'approche visuelle.

On connaît alors du document CN 103 699 132 A un dispositif et un procédé pour assister le pilote lors d'une phase d'approche visuelle, notamment à vue libre, et ce dispositif d'assistance permet au pilote de sélectionner, dans une base de données, un type ou catégorie d'aéronef, un type d'approche visuelle, ainsi que l'aéroport ou la piste d'atterrissage vers lequel la phase d'approche visuelle doit être effectuée, et le dispositif d'assistance calcule ensuite automatiquement une trajectoire d'approche visuelle vers ladite piste d'atterrissage.

Cependant, même s'il facilite la phase d'approche visuelle pour le pilote, un tel dispositif d'assistance peut encore être amélioré.

[0005] Le but de l'invention est alors de proposer un procédé et un système électronique associés de gestion du vol d'un aéronef permettant de faciliter encore davantage la phase d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage pour un utilisateur, tel que le pilote ou le co-pilote de l'aéronef, et d'améliorer alors encore la sécurité du vol.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de gestion du vol d'un aéronef en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage, le procédé étant mis en œuvre par un système électronique de gestion de vol et comprenant les étapes suivantes :

- l'acquisition d'au moins un ensemble parmi un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle, au moins l'une desdites valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle étant désignable par un utilisateur,

- le calcul d'au moins une trajectoire parmi une trajectoire latérale d'approche visuelle à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale et une trajectoire verticale d'approche visuelle à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire verticale, et
- la génération d'une trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage à partir de la trajectoire latérale d'ap-
proche visuelle et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle.

Ainsi, le procédé de gestion du vol selon l'invention permet à l'utilisateur de désigner au moins l'une des valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et/ou au moins l'une des valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle, et d'adapter ainsi en fonction de son besoin la trajectoire latérale d'approche visuelle et/ou la trajectoire verticale d'approche visuelle qui va être ensuite calculée à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale et/ou desdits paramètres de trajectoire verticale.

Par paramètre de trajectoire latérale d'approche visuelle, on entend un paramètre utilisé pour calculer une forme de la trajectoire latérale d'approche visuelle. Chaque paramètre de trajectoire latérale d'approche visuelle est par exemple choisi parmi le groupe consistant en : la position d'un point initial de la trajectoire d'approche, un cap d'écartement, une longueur d'un segment de la trajectoire d'approche, ledit segment étant de préférence rectiligne et sensiblement parallèle à la piste d'atterrissage, un rayon de virage de l'aéronef et un sens de virage de l'aéronef.

Par paramètre de trajectoire verticale d'approche visuelle, on entend un paramètre utilisé pour calculer une forme de la trajectoire verticale d'approche visuelle. Chaque paramètre de trajectoire verticale d'approche visuelle est par exemple choisi parmi le groupe consistant en : une altitude minimale d'un point initial de descente de l'aéronef selon un axe final d'approche vers la piste d'atterrissage et un angle de l'axe final d'approche par rapport à un plan de référence de la piste d'atterrissage, également appelé pente finale d'approche.

[0007] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé de gestion du vol comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le procédé comprend en outre une étape d'affichage, sur un écran d'affichage, de la trajectoire d'approche visuelle, l'étape d'affichage comportant de préférence l'affichage en outre d'un symbole représentatif de la position de l'aéronef par rapport à la trajectoire d'approche visuelle ;
- le procédé comprend en outre une étape de transmission de consignes de suivi de la trajectoire d'approche visuelle à un système électronique de pilotage automatique ;
- chaque paramètre de trajectoire latérale d'approche visuelle est choisi parmi le groupe consistant en : la position d'un point initial de la trajectoire d'approche, un cap d'écartement, une longueur d'un segment de la trajectoire d'approche, un rayon de virage de l'aéronef, et un sens de virage de l'aéronef ; et chaque paramètre de trajectoire verticale d'approche visuelle est choisi parmi le groupe consistant en : une altitude minimale d'un point initial de descente selon un axe final d'approche et un angle de l'axe final d'approche par rapport à un plan de référence de la piste d'atterrissage ;
- le procédé comprend en outre, préalablement à l'étape d'acquisition, une étape de sélection d'un type parmi un groupe de types de trajectoire d'approche visuelle, chaque type de trajectoire d'approche visuelle correspondant à une forme prédéfinie respective de la trajectoire d'approche visuelle, et lors de l'étape d'acquisition, le ou chaque ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire dépendant alors du type sélectionné,
le groupe de types comportant de préférence :
 - + un premier type correspondant à une trajectoire d'approche visuelle comportant une déviation selon un cap d'écartement suivie d'un segment sensiblement parallèle à la piste d'atterrissage et d'un virage à sensiblement 180° ;
 - + un deuxième type correspondant à une trajectoire d'approche visuelle comportant une déviation selon un cap d'écartement suivie d'un segment sensiblement perpendiculaire à la piste d'atterrissage et d'un virage à sensiblement 90° ; et
 - + un troisième type correspondant à une trajectoire d'approche visuelle comportant une déviation selon un cap d'écartement suivie d'un virage sensiblement compris entre 90° et 180°, d'un segment sensiblement parallèle à la piste d'atterrissage et d'un virage à sensiblement 180° ;
- le procédé comprend en outre une étape de détermination d'une zone de manœuvre autour de la piste d'atterrissage ; et
- le procédé comprend en outre une étape d'estimation d'au moins une grandeur aéronautique en au moins un point de la trajectoire d'approche visuelle, chaque grandeur aéronautique en un point respectif de la trajectoire d'approche visuelle étant de préférence choisie parmi le groupe consistant en : une distance entre ledit point respectif de la trajectoire d'approche visuelle et un

autre point de la trajectoire d'approche visuelle, une quantité de carburant restante, une date de passage et une vitesse de l'aéronef.

[0008] L'invention a également pour objet un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, mettent en œuvre un procédé de gestion du vol, tel que défini ci-dessus.

[0009] L'invention a également pour objet un système électronique de gestion de vol, le système étant configuré pour gérer le vol d'un aéronef en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage, et comprenant :

- un module d'acquisition configuré pour acquérir au moins un ensemble parmi un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle,
- un module de désignation configuré pour désigner, à partir d'une interaction d'un utilisateur, au moins l'une desdites valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle,
- un module de calcul configuré pour calculer au moins une trajectoire parmi une trajectoire latérale d'approche visuelle à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale et une trajectoire verticale d'approche visuelle à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire verticale, et
- un module de génération configuré pour générer une trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle.

[0010] Suivant un autre aspect avantageux de l'invention, le système électronique de gestion de vol comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le système comprend en outre un module d'affichage configuré pour afficher, sur un écran d'affichage, la trajectoire d'approche visuelle, le module d'affichage étant de préférence configuré pour afficher en outre un symbole représentatif de la position de l'aéronef par rapport à la trajectoire d'approche visuelle ;
- le système comprend en outre un module de transmission configuré pour transmettre des consignes de suivi de la trajectoire d'approche visuelle à un système électronique de pilotage automatique ;
- le système comprend en outre un module de sélection configuré pour sélectionner un type parmi un groupe de types de trajectoire d'approche visuelle, chaque type de trajectoire d'approche visuelle correspondant à une forme prédéfinie respective de la trajectoire d'approche visuelle, et le module d'acquisition étant alors configuré pour acquérir le ou chaque ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire en fonction du type sélectionné ;
- le système comprend en outre un module de détermination configuré pour déterminer une zone de manœuvre autour de la piste d'atterrissage ; et
- le système comprend en outre un module d'estimation configuré pour estimer au moins une grandeur aéronautique en au moins un point de la trajectoire d'approche visuelle.

[0011] 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 :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un aéronef comprenant un système électronique de gestion de vol selon l'invention, connecté à des systèmes avioniques, à une base de données de navigation, ainsi qu'à un écran d'affichage ;
- la figure 2 est une vue schématique illustrant différents types de trajectoire d'approche visuelle ;
- la figure 3 est une vue schématique représentant des paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle utilisés pour le calcul d'une trajectoire latérale d'approche visuelle ;
- la figure 4 est une vue analogue à celle de la figure 3, représentant des paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle utilisés pour le calcul d'une trajectoire verticale d'approche visuelle ;
- la figure 5 est une vue illustrant une interface homme/machine permettant à un utilisateur, tel que le pilote ou le copilote de l'aéronef, de désigner des valeurs de certains, voire de tous les paramètres de trajectoire d'approche visuelle, pour un premier type de trajectoire d'approche visuelle ;
- la figure 6 est une vue analogue à celle de la figure 5 pour un deuxième type de trajectoire d'approche visuelle, la figure 6 étant une vue partielle de ladite interface homme/machine ;
- la figure 7 est une vue analogue à celle de la figure 6 pour un troisième type de trajectoire d'approche visuelle ; et
- la figure 8 est un organigramme d'un procédé, selon l'invention, de gestion du vol de l'aéronef en phase d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage.

[0012] Dans la description, l'expression « sensiblement égal(e) à » désigne une relation d'égalité à plus ou moins 10 %, de préférence à plus ou moins 5 %.

Sur la figure 1, un aéronef 10 comprend plusieurs systèmes avioniques 12, une base de données 14, telle qu'une base de données de navigation, un écran d'affichage 16 et un système de gestion de vol 20 connecté aux systèmes avioniques 12, à la base de données 14 et à l'écran d'affichage 16.

L'aéronef 10 est par exemple un avion. En variante, l'aéronef 10 est un hélicoptère, ou encore un drone pilotable à distance par un pilote.

Les systèmes avioniques 12 sont connus en soi et sont aptes à transmettre au système électronique de gestion de vol 20 différentes données avioniques, par exemple des données dites « aéronef », telles que la position, l'orientation, le cap ou encore l'altitude de l'aéronef 10, et/ou des données dites « navigation », telles qu'un plan de vol. Les systèmes avioniques 12 sont également aptes à recevoir des consignes et/ou commandes de la part du système de gestion de vol 20, l'un des systèmes avioniques 12 étant notamment un système électronique de pilotage automatique, également appelé pilote automatique et noté AP (de l'anglais *Automatic Pilot*).

La base de données 14 est typiquement une base de données de navigation, et est connue en soi. La base de données de navigation est également appelée NAVDB (de l'anglais *NAVigation Data Base*), et comporte notamment des données relatives à chacune des pistes d'atterrissage 22 sur lesquelles l'aéronef 10 est susceptible d'atterrir, ces données étant typiquement une position d'un seuil de la piste d'atterrissage 22, une orientation de la piste d'atterrissage 22, une longueur de piste, une altitude ou un point de décision, etc.

Dans l'exemple de la figure 1, la base de données 14 est une base de données externe au système de gestion de vol 20. En variante, non représentée, la base de données 14 est une base de données interne au système de gestion de vol 20. L'écran d'affichage 16 est connu en soi. L'écran d'affichage 16 est de préférence un écran tactile, afin de permettre la saisie d'interaction(s) de la part d'un utilisateur, non représenté, tel que le pilote ou le co-pilote de l'aéronef 10.

[0013] Le système électronique de gestion de vol 20 est également appelé FMS (de l'anglais *Flight Management System*), et est configuré pour gérer le vol de l'aéronef 10, notamment en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage 22 respective.

Le système électronique de gestion de vol 20 comprend un module 24 d'acquisition d'au moins un ensemble parmi un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle, un module 26 de désignation, à partir d'une interaction de l'utilisateur, d'au moins l'une desdites valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle, un module 28 de calcul d'au moins une trajectoire parmi une trajectoire latérale d'approche visuelle 30 (visible sur la figure 3) à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale et une trajectoire verticale d'approche visuelle 32 (visible sur la figure 4) à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire verticale, et un module 34 de génération d'une trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage 22 à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle 32.

En complément facultatif, le système électronique de gestion de vol 20 comprend un module 36 d'affichage, sur l'écran d'affichage 16, de la trajectoire d'approche visuelle et/ou un module 38 de transmission de consignes de suivi de la trajectoire d'approche visuelle à un système avionique 12 respectif, tel que le système électronique de pilotage automatique.

Selon ce complément, l'homme du métier comprendra que l'écran d'affichage 16 est alors apte à afficher la trajectoire d'approche visuelle, en complément de l'éventuelle saisie d'interaction(s) de la part de l'utilisateur lorsque l'écran 16 est tactile. En variante, non représentée, l'écran d'affichage de la trajectoire d'approche visuelle et l'écran tactile pour la saisie d'interaction(s) de la part de l'utilisateur sont deux écrans distincts.

En complément facultatif encore, le système électronique de gestion de vol 20 comprend un module 40 de sélection d'un type parmi un groupe de types de trajectoire d'approche visuelle, tel que le groupe de premier T1, deuxième T2 et troisième T3 types de trajectoire d'approche visuelle qui sera décrit à titre d'exemple par la suite, le module d'acquisition 24 étant alors configuré pour acquérir chaque ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire en fonction du type sélectionné.

En complément facultatif encore, le système électronique de gestion de vol 20 comprend un module 42 de détermination d'une zone de manœuvre, non représentée, autour de la piste d'atterrissage 22 et/ou un module 44 d'estimation d'au moins une grandeur aéronautique en au moins un point de la trajectoire d'approche visuelle.

[0014] Dans l'exemple de la figure 1, le système électronique de gestion de vol 20 comprend une unité de traitement d'informations 50 formée par exemple d'une mémoire 52 et d'un processeur 54 associé à la mémoire 52.

Dans l'exemple de la figure 1, le module d'acquisition 24, le module de désignation 26, le module de calcul 28, et le module de génération 34, ainsi qu'en complément facultatif le module d'affichage 36, le module de transmission 38, le module de sélection 40, le module de détermination 42 et le module d'estimation 44, sont réalisés chacun sous forme d'un logiciel, ou d'une brique logicielle, exécutable par le processeur 54. La mémoire 52 du système électronique de gestion de vol 20 est alors apte à stocker un logiciel d'acquisition d'au moins un ensemble parmi l'ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale

d'approche visuelle, un logiciel de désignation, à partir de l'interaction de l'utilisateur, d'au moins l'une desdites valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle, un logiciel de calcul d'au moins une trajectoire parmi la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale et la trajectoire verticale d'approche visuelle 32 à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire verticale et un logiciel de génération de la trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage 22 à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle 32. En complément facultatif, la mémoire 52 du système électronique de gestion de vol 20 est apte à stocker un logiciel d'affichage de la trajectoire d'approche visuelle sur l'écran d'affichage 16, un logiciel de transmission au système avionique 12 de consignes de suivi de la trajectoire d'approche visuelle, un logiciel de sélection d'un parmi les types de trajectoire d'approche visuelle, un logiciel de détermination de la zone de manœuvre autour de la piste d'atterrissage 22 et un logiciel d'estimation d'au moins une grandeur aéronautique respective en au moins un point de la trajectoire d'approche visuelle. Le processeur 54 est alors apte à exécuter chacun des logiciels parmi le logiciel d'acquisition, le logiciel de désignation, le logiciel de calcul et le logiciel de génération, ainsi qu'en complément facultatif le logiciel d'affichage, le logiciel de transmission, le logiciel de sélection, le logiciel de détermination et le logiciel d'estimation.

Lorsqu'en variante, non représentée, la base de données 14 est une base de données interne au système de gestion de vol 20, elle est typiquement apte à être stockée dans une mémoire du système de gestion de vol 20, telle que la mémoire 52.

En variante non représentée, le module d'acquisition 24, le module de désignation, le module de calcul 28 et le module de génération 34, ainsi qu'en complément facultatif le module d'affichage 36, le module de transmission 38, le module de sélection 40, le module de détermination 42 et le module d'estimation 44, 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*).

Lorsque le système électronique de gestion de vol 20 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.

La piste d'atterrissage 22 s'étend sensiblement dans un plan de référence P, visible sur la figure 4, et présente un axe de piste correspondant sensiblement à une direction d'extension de la piste d'atterrissage 22. Un seuil de piste S, visible sur les figures 3 et 4, est également associé à la piste d'atterrissage 22.

Le module d'acquisition 24 est configuré pour acquérir au moins un ensemble parmi l'ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et l'ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle.

Chaque paramètre de trajectoire latérale d'approche visuelle est de préférence choisi parmi le groupe consistant en : la position d'un point initial A de la trajectoire d'approche, également appelée point d'ancrage ; un cap d'écartement TRK, également appelé course d'écartement ; une longueur L d'un segment, de préférence rectiligne, de la trajectoire d'approche ; un rayon de virage D de l'aéronef 10 ; et un sens, tel qu'à gauche ou à droite, de virage de l'aéronef 10 pour la trajectoire d'approche visuelle.

L'ensemble de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle comprend alors par exemple la position du point d'ancrage A, le cap d'écartement TRK, la longueur L du segment rectiligne de la trajectoire d'approche, le rayon de virage D et le sens de virage. L'ensemble de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle est de préférence constitué de ladite position du point d'ancrage A, dudit cap d'écartement TRK, de ladite longueur L du segment rectiligne, dudit rayon de virage D et dudit sens de virage.

Chaque paramètre de trajectoire verticale d'approche visuelle est de préférence choisi parmi le groupe consistant en : une altitude minimale MA d'un point initial X_3 de descente selon un axe final d'approche APP ; et un angle FP de l'axe final d'approche APP par rapport au plan de référence P de la piste d'atterrissage 22.

L'ensemble de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle comprend alors par exemple l'altitude minimale MA du point initial de descente X_3 et l'angle FP de l'axe final d'approche APP par rapport au plan de référence P de la piste d'atterrissage 22. L'ensemble de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle est de préférence constitué de ladite altitude minimale MA du point initial de descente X_3 et de l'angle FP de l'axe final d'approche APP par rapport au plan de référence P.

Le point d'ancrage A, ou point initial de la trajectoire d'approche visuelle, correspond au premier point de la trajectoire d'approche visuelle, c'est-à-dire au point où le système de gestion de vol 20 passe en pilotage manuel selon un mode d'approche visuelle, typiquement après un mode de guidage managé, c'est-à-dire un mode de guidage de l'aéronef 10 selon une trajectoire établie à partir d'un plan de vol correspondant. Autrement dit, à partir de ce point d'ancrage A, le système de gestion de vol 20 ne suit plus le plan de vol, l'aéronef 10 étant alors piloté manuellement en mode d'approche

EP 3 764 341 A1

visuelle. La valeur de la position du point d'ancrage A est par exemple désignée par l'utilisateur via le module de désignation 26, ainsi que cela sera décrit plus en détail par la suite en regard des figures 5 à 7. En variante, notamment en l'absence de désignation de la part de l'utilisateur, la valeur de la position du point d'ancrage A est positionnée à une position prédéfinie, telle que la position du point d'approche interrompue, également notée MAP (de l'anglais *Missed Approach Point*).

Le cap d'écartement TRK correspond à une direction à prendre par l'aéronef 10 pour dévier d'une approche rectiligne initiale vers la piste d'atterrissage 22. Le cap d'écartement TRK, également appelé course d'écartement, correspond alors à un cap, exprimé par exemple en degrés, dont la valeur est désignable par l'utilisateur via le module de désignation 26. En variante, notamment en l'absence de désignation de la part de l'utilisateur, la valeur du cap d'écartement TRK est positionnée à une valeur prédéfinie, cette valeur prédéfinie par défaut étant par exemple égale à 45°.

Le segment de la trajectoire d'approche formant un paramètre de trajectoire latérale d'approche visuelle est typiquement un segment rectiligne, de préférence le long de la piste d'atterrissage 22. Autrement dit, ledit segment de la trajectoire d'approche est un segment rectiligne sensiblement parallèle à l'axe de piste, comme représenté dans l'exemple de la figure 3, où ledit segment correspond au segment rectiligne $[X_1X_2]$ entre des premier X_1 et deuxième X_2 points caractéristiques. La valeur de la longueur L dudit segment est désignable par l'utilisateur via le module de désignation 26. En variante, notamment en l'absence de désignation de la part de l'utilisateur, la valeur de la longueur L dudit segment est positionnée à une valeur prédéfinie, dépendant de préférence de la longueur de la piste d'atterrissage 22, de la vitesse courante de l'aéronef 10, ainsi que du rayon de virage D de l'aéronef 10.

Le rayon de virage D de l'aéronef 10, également appelé rayon de virage final, ou encore rayon du dernier virage avant l'atterrissage, correspond au rayon d'un virage à 180° avec un roulis optimal. Ce rayon de virage D présente alors une valeur supérieure ou égale à un rayon de virage à 180° avec un roulis maximum dans l'enveloppe de vol de l'aéronef. Le rayon de virage D présente typiquement une valeur prédéfinie et contenue dans la base de données 14, cette valeur prédéfinie dépendant d'une catégorie de l'aéronef. Comme illustré à titre d'exemple dans le tableau 1 ci-après, comportant cinq catégories d'aéronef Cat_A à Cat_E, la catégorie est par exemple en fonction d'une vitesse d'approche VA à 1000

pieds. Chaque catégorie dépend typiquement d'un gabarit, ou encombrement, de l'aéronef 10. Dans le tableau 1 ci-après, sont alors indiquées, à titre d'exemple et par catégorie d'aéronef, des valeurs prédéfinies par défaut pour le rayon de virage D de l'aéronef 10, la longueur L du segment rectiligne de la trajectoire d'approche, ainsi que pour un rayon R de manœuvre autour de la piste d'atterrissage 22.

Le cap d'écartement TRK est par exemple exprimé en degrés, la longueur L du segment de la trajectoire d'approche est par exemple exprimée en miles nautiques, ou Nm, et le rayon de virage D est par exemple exprimé en miles nautiques, ou Nm. L'altitude minimale MA est par exemple exprimée en pieds, ou ft (de l'anglais *foot*), et l'angle FP de l'axe final d'approche APP par rapport au plan de référence P est par exemple exprimé en degrés. En complément, la vitesse d'approche est par exemple exprimée en nœuds, ou kt (de l'anglais *knot*), et le rayon R pour la zone de manœuvre est par exemple exprimé en miles nautiques, ou Nm.

[Table 1]

Catégorie / VA (kt)	Cat_A / 100	Cat_B / 135	Cat_C / 180	Cat_D / 205	Cat_E / 240
D (Nm)	0,69	1,13	1,85	2,34	3,12
L (Nm)	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
R (Nm)	1,68	2,66	4,20	5,28	6,94

[0015] En variante, la valeur du rayon de virage D est désignable par l'utilisateur via le module de désignation 26.

Le sens de virage de l'aéronef 10 correspond au sens d'un premier virage de la trajectoire d'approche visuelle lorsque ladite trajectoire comprend plusieurs virages successifs. L'homme du métier comprendra en outre que, si la trajectoire d'approche visuelle comporte un unique virage, le sens dudit virage dépendra directement de la position du point d'ancrage A, de la valeur du cap d'écartement TRK et de la position de la piste d'atterrissage 22, en particulier de son seuil de piste, et le sens de ce virage ne sera alors pas un paramètre modifiable de la trajectoire d'approche visuelle.

L'altitude minimale MA du point initial de descente X_3 selon l'axe final d'approche APP est par exemple prédéfinie. La valeur de l'altitude minimale MA est par exemple désignable par l'utilisateur via le module de désignation 26. En variante, notamment en l'absence de désignation de ladite valeur par l'utilisateur, la valeur de l'altitude minimale MA est égale à l'altitude minimale de décision MDA prédéfinie pour la piste d'atterrissage 22, cette valeur étant contenue dans la base de données 14.

L'angle PF de l'axe final d'approche APP par rapport au plan de référence P de la piste d'atterrissage 22 correspond à la pente finale de l'aéronef 10 en approche de la piste d'atterrissage 12 selon l'axe final d'approche APP et jusqu'au seuil de piste S. La valeur dudit angle FP est par exemple désignable par l'utilisateur via le module de désignation 26.

En variante, notamment en l'absence de désignation de ladite valeur par l'utilisateur, la valeur dudit angle FP est égale à une pente finale prédéfinie, typiquement une pente sensiblement égale à 3°.

Le module de désignation 26 est configuré pour désigner, à partir d'une interaction de l'utilisateur, au moins l'une des valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle.

5 Le module de désignation 26 est par exemple configuré pour recevoir une donnée saisie par l'utilisateur à l'aide d'un clavier et/ou d'une souris, puis pour désigner la valeur du paramètre de trajectoire correspondant avec la valeur reçue, l'interaction étant alors la saisie effectuée sur le clavier et/ou la souris.

En variante ou en complément, l'interaction de l'utilisateur est une interaction tactile, par exemple sur l'écran d'affichage 16 lorsqu'il est tactile, et le module de désignation 26 est alors configuré pour afficher une interface homme/machine 60, telle que celle affichée à titre d'exemple sur les figures 5 à 7, puis pour recevoir la ou les interactions tactiles effectuées par l'utilisateur sur ladite interface homme/machine 60, et pour désigner alors la valeur du ou des paramètres de trajectoire correspondants, à partir des interactions tactiles reçues.

L'homme du métier comprendra que par désignation de valeur, on entend le positionnement du paramètre de trajectoire d'approche correspondant à ladite valeur.

15 Dans l'exemple des figures 5 à 7, l'interface homme/machine 60 comporte alors un premier champ de saisie 62 pour la désignation d'une valeur souhaitée du cap d'écartement TRK, un deuxième champ de saisie 64 pour la désignation d'une valeur souhaitée de la longueur L du segment de la trajectoire d'approche, un troisième champ de saisie 66 pour la désignation d'une valeur souhaitée du rayon de virage D.

En complément facultatif, l'interface homme/machine 60 comporte deux puces 68A, 68B de désignation du sens souhaité de virage de l'aéronef 10, une première puce 68A correspondant à un virage à gauche et une deuxième puce 68B correspondant à un virage à droite, comme représenté sur la figure 7.

En complément facultatif encore, l'interface homme/machine 60 comporte un quatrième champ de saisie 70 pour la désignation de l'altitude minimale MA, et un cinquième champ de saisie 72 pour la désignation de l'angle FP de l'axe final d'approche APP par rapport au plan de référence P de la piste d'atterrissage 22, visibles sur la figure 5.

25 Dans l'exemple de la figure 5, l'interface homme/machine 60 comprend également un premier champ d'indication 74 pour indiquer le point d'ancrage A pris en compte et un deuxième champ d'indication 76 pour indiquer un identifiant de la piste d'atterrissage 22.

En complément facultatif encore, l'interface homme/machine 60 comporte, dans l'exemple de la figure 5, des puces 78A, 78B, 78C de sélection du type de trajectoire d'approche visuelle, à savoir une première puce de sélection 78A pour sélectionner un premier type T1 de trajectoire d'approche visuelle, une deuxième puce de sélection 78B pour sélectionner un deuxième type T2 de trajectoire d'approche visuelle et une troisième puce de sélection 78C pour sélectionner un troisième type T3 de trajectoire d'approche visuelle. Les premier, deuxième et troisième types T1, T2, T3 de trajectoire d'approche visuelle sont décrits à titre d'exemples plus en détail par la suite.

En complément facultatif encore, l'interface homme/machine 60 comporte un sixième champ de saisie 80 pour la saisie d'une valeur de vitesse d'approche VA et un septième champ de saisie 82 pour la saisie du rayon R de manœuvre autour de la piste d'atterrissage 22.

Dans l'exemple de la figure 5, l'interface homme/machine 60 comporte également un bouton de validation 84 pour valider les valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle désignés, et déclencher alors le calcul d'au moins une trajectoire parmi la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et la trajectoire verticale d'approche visuelle 32, ainsi qu'un bouton d'annulation 86 pour annuler une désignation précédemment effectuée des valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle.

En complément facultatif encore, l'interface homme/machine 60 comporte en outre un profil schématique 88 symbolisant le type de trajectoire d'approche visuelle parmi les premier, deuxième et troisième types T1, T2, T3 de trajectoire d'approche visuelle, et illustrant en outre le cap d'écartement TRK, la longueur L du segment de la trajectoire d'approche, et le rayon de virage D.

Sur les figures 5 à 7, les vues de l'interface homme/machine 60 du système électronique de gestion de vol selon l'invention sont illustratives de vues réelles qui comprennent des indications en anglais, comme cela est le cas dans le domaine aéronautique. Une traduction en français des indications pertinentes est fournie le cas échéant dans la description.

50 Le module de calcul 28 est configuré pour calculer au moins une trajectoire parmi la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et la trajectoire verticale d'approche visuelle 32.

La trajectoire verticale d'approche visuelle correspond à un profil vertical de la trajectoire d'approche visuelle, c'est-à-dire à une projection de la trajectoire d'approche visuelle dans un plan vertical contenant un axe vertical de référence et un axe horizontal de référence. L'axe vertical de référence est défini suivant l'axe des altitudes en référence baro-corrigée, correspondant au code aéronautique QNH.

La trajectoire latérale d'approche visuelle correspond à un profil horizontal de la trajectoire d'approche visuelle, c'est-à-dire à une projection de la trajectoire d'approche visuelle de l'aéronef 10 dans un plan horizontal perpendiculaire au plan vertical.

Pour le calcul de la trajectoire latérale d'approche visuelle 30, le module de calcul 28 est configuré pour déterminer une distance d'écartement E par rapport à la piste d'atterrissage 22, la distance d'écartement E correspondant à la distance nécessaire pour permettre à l'aéronef 10 d'effectuer son dernier virage, et étant par exemple égale à deux fois le rayon de virage D, c'est-à-dire au diamètre dudit virage.

Le module de calcul 28 est ensuite configuré pour déterminer la position du premier point caractéristique X_1 correspondant à l'intersection entre une première droite $\Delta 1$ passant par le point d'ancrage A et suivant le cap d'écartement TRK et une deuxième droite $\Delta 2$ parallèle à la piste d'atterrissage 22, c'est-à-dire à sa direction d'extension, et distante de la distance d'écartement E de la piste d'atterrissage 22, comme représenté sur la figure 3.

Le module de calcul 28 est ensuite configuré pour calculer les coordonnées du deuxième point caractéristique X_2 à partir de la distance L du segment de trajectoire, le deuxième point caractéristique X_2 correspondant à un point distant de la longueur L par rapport au premier point caractéristique X_1 , ceci selon la direction de la deuxième droite $\Delta 2$ et vers le dernier virage avant l'atterrissage sur la piste d'atterrissage 22.

Dans l'exemple de la figure 3, la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 est alors formée du segment rectiligne $[AX_1]$ entre le point d'ancrage A et le premier point caractéristique X_1 , ce segment étant selon le cap d'écartement TRK, suivi du segment rectiligne $[X_1X_2]$ de longueur L et parallèlement à la piste d'atterrissage 22, suivi d'un demi-cercle de rayon D entre le deuxième point caractéristique X_2 et l'axe de piste, ce demi-cercle correspondant au dernier virage effectué par l'aéronef 10, et suivi enfin d'un segment rectiligne, selon l'axe de piste, entre ledit demi-cercle et le seuil de piste S. Pour le calcul de la trajectoire verticale d'approche visuelle 32, le module de calcul 28 est configuré pour déterminer l'axe final d'approche APP à partir du seuil de piste S et en fonction de l'angle FP entre l'axe final d'approche APP et le plan de référence P de la piste d'atterrissage 22.

Le module de calcul 28 est ensuite configuré pour calculer les coordonnées du point initial de descente X_3 , également appelé troisième point caractéristique, correspondant à l'intersection entre l'axe final d'approche APP et un plan horizontal positionné à l'altitude minimale MA.

Dans l'exemple de la figure 4, la trajectoire verticale d'approche visuelle 32 est alors formée d'un segment rectiligne $[AX_3]$ sensiblement horizontal entre le point d'ancrage A et le troisième point caractéristique X_3 à l'altitude minimale MA, suivi du segment $[X_3S]$ correspondant à la descente finale de l'aéronef 10 selon la pente finale FP entre le troisième point caractéristique X_3 et le seuil de piste S.

L'homme du métier comprendra que la trajectoire latérale d'approche visuelle 30, et respectivement la trajectoire verticale d'approche visuelle 32, sont représentées en traits épais à la figure 3, et respectivement à la figure 4.

Le module de génération 34 est configuré pour générer la trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage 22 à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle 32.

Lorsque le module de calcul 28 a calculé à la fois la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et la trajectoire verticale d'approche visuelle 32, le module de génération 34 est configuré pour générer la trajectoire d'approche visuelle par concaténation, ou encore par combinaison, de la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et de la trajectoire verticale d'approche visuelle 32.

En variante, lorsque le module de calcul 28 a calculé seulement la trajectoire latérale d'approche visuelle 30, le module de génération 34 est configuré pour générer la trajectoire d'approche visuelle à partir de la seule trajectoire calculée, c'est-à-dire à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle 30.

Le module d'affichage 36 est configuré pour afficher, sur l'écran d'affichage 16, la trajectoire d'approche visuelle générée par le module de génération 34.

Le module d'affichage 36 est de préférence configuré pour afficher en outre un symbole représentatif de la position de l'aéronef 10 par rapport à la trajectoire d'approche visuelle. Le symbole représentatif est par exemple en forme d'un avion ou d'un hélicoptère et est affiché sur l'écran d'affichage 16 à la position courante de l'aéronef 10, de manière superposée par rapport à la trajectoire d'approche visuelle affichée. L'utilisateur, tel que le pilote ou le co-pilote de l'aéronef 10, peut alors facilement voir où se situe l'aéronef 10 par rapport à la trajectoire d'approche visuelle.

En complément facultatif, le module de transmission 38 est configuré pour transmettre, à un système avionique 12 respectif, en particulier au système électronique de pilotage automatique, les consignes permettant le suivi de la trajectoire d'approche visuelle générée par le module de génération 34. Cette transmission desdites consignes de suivi au système électronique de pilotage automatique permet alors un pilotage automatique de l'aéronef 10 suivant la trajectoire d'approche visuelle préalablement générée par le module de génération 34, ce qui facilite encore la tâche de l'utilisateur.

En complément facultatif encore, le module de sélection 40 est configuré pour sélectionner un type respectif parmi le groupe de types T1, T2, T3 de trajectoire d'approche visuelle, chaque type T1, T2, T3 de trajectoire d'approche visuelle correspondant à une forme prédéfinie respective de la trajectoire d'approche visuelle. Selon ce complément facultatif, le module d'acquisition 24 est alors configuré pour acquérir le ou chaque ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire en fonction du type sélectionné par le module de sélection 40.

Le groupe de types T1, T2, T3 comporte par exemple le premier type T1 correspondant à une trajectoire d'approche visuelle comportant une déviation selon le cap d'écartement TRK, suivie d'un segment sensiblement parallèle à la piste d'atterrissage 22 et d'un virage à sensiblement 180° ; le deuxième T2 correspondant à une trajectoire d'approche visuelle

comportant une déviation selon le cap d'écartement TRK suivie d'un segment sensiblement perpendiculaire à la piste d'atterrissage 22 et d'un virage à sensiblement 90° ; et le troisième type T3 correspondant à une trajectoire d'approche visuelle comportant une déviation selon le cap d'écartement TRK suivie d'un premier virage, à gauche ou à droite, sensiblement compris entre 90° et 180°, d'un segment sensiblement parallèle à la piste d'atterrissage 22 et d'un virage final à sensiblement 180°.

Afin d'illustrer ces premier, deuxième et troisième types T1, T2, T3, la figure 2 représente six trajectoires classiques de trajectoire d'approche visuelle en manœuvre à vue libre (de l'anglais *Circling*), notées C1 à C6. Dans l'exemple de la figure 2, le premier type T1 correspond alors aux deux trajectoires C1 et C5, le deuxième type T2 correspond à la trajectoire C2, et enfin le troisième type T3 correspond aux trois trajectoires C3, C4 et C6.

[0016] Le module de sélection 40 est par exemple configuré pour sélectionner le type parmi le groupe de types T1, T2, T3 à partir d'une interaction de l'utilisateur, par exemple à l'aide des puces de sélection 78A, 78B, 78C visibles sur la figure 5.

En complément facultatif encore, le module de détermination 42 est configuré pour déterminer la zone de manœuvre autour de la piste d'atterrissage 22, de préférence à partir du rayon R décrit précédemment. Selon ce complément facultatif, le module d'affichage 36 est alors configuré pour afficher en outre la zone de manœuvre ainsi déterminée sur l'écran d'affichage 16.

Le module de détermination 42 est par exemple configuré pour déterminer la zone de manœuvre par recouvrement de plusieurs disques, ou portions de disque, chacun de rayon R et centré sur différentes extrémités de la piste d'atterrissage 22. L'ensemble des points se trouvant dans le plan horizontal de la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 doivent se trouver à l'intérieur de la zone de manœuvre, et autrement dit à une distance de la piste d'atterrissage 22 qui est inférieure au rayon R.

En complément facultatif encore, le module d'estimation 44 est configuré pour estimer au moins une grandeur aéronautique respective en un ou plusieurs points successifs de la trajectoire d'approche visuelle.

Chaque grandeur aéronautique estimée par le module d'estimation 44 en un point respectif de la trajectoire d'approche visuelle est par exemple choisi parmi le groupe consistant en : une distance entre ledit point respectif de la trajectoire d'approche visuelle (pour lequel l'estimation est effectuée) et un autre point de la trajectoire d'approche visuelle, une quantité de carburant restante, une date de passage et une vitesse de l'aéronef 10.

Le module d'estimation 44 est par exemple configuré pour estimer ladite ou lesdites grandeurs aéronautiques à partir de fonctions d'estimation connues en soi et intégrées au système de gestion de vol 20.

Le fonctionnement du système électronique de gestion de vol 20 selon l'invention va être à présent décrit en regard de la figure 8 représentant un organigramme du procédé, selon l'invention, de gestion du vol de l'aéronef 10.

Lors d'une étape initiale 100 optionnelle, à partir d'une interaction de l'utilisateur, tel que le pilote ou le copilote, le système de gestion de vol 20 sélectionne, via son module de sélection 40, un type respectif parmi le groupe de types T1, T2, T3 de trajectoire d'approche visuelle, chaque type T1, T2, T3 correspondant à une forme prédéfinie respective de la trajectoire d'approche visuelle.

Le système de gestion de vol 20 désigne ensuite, lors d'une étape suivante 110 et via son module de désignation 26, au moins l'une des valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle à partir d'une interaction, par exemple tactile, de l'utilisateur, tel que le pilote ou le co-pilote de l'aéronef 10.

Lors d'une étape suivante 120, le système de gestion de vol 20 acquiert, via son module d'acquisition 24, au moins un ensemble parmi l'ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et l'ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle.

Lors de cette étape d'acquisition 120, le module d'acquisition 24 acquiert de préférence à la fois l'ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale et l'ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale.

Lors de cette étape d'acquisition 120, le module d'acquisition 24 acquiert la ou les valeurs de paramètres qui ont été préalablement désignées via le module de désignation 26 lors de l'étape de désignation 110 précédente, ainsi que les valeurs prédéfinies pour les autres paramètres de trajectoire d'approche visuelle pour lesquels une valeur n'a pas été désignée lors de l'étape de désignation 110.

Le système de gestion de vol 20 calcule ensuite, lors de l'étape suivante 130 et via son module de calcul 28, au moins une trajectoire parmi la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et la trajectoire verticale d'approche visuelle 32. En particulier, le module de calcul 28 calcule la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 lorsque l'ensemble acquis (lors de l'étape d'acquisition 120) est l'ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale, la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 étant en effet calculée à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale ; et de manière corolaire le module de calcul 28 calcule la trajectoire verticale d'approche visuelle 32 lorsque l'ensemble acquis est l'ensemble de paramètres de trajectoire verticale, la trajectoire verticale d'approche visuelle 32 étant calculée à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire verticale. Lors de l'étape de calcul 130, le module de calcul 28 calcule de préférence à la fois la trajectoire latérale d'approche visuelle 30 et la trajectoire verticale d'approche visuelle 32.

Le système de gestion de vol 20 génère alors, lors de l'étape suivante 140 et via son module de génération 34, la trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage 22, ceci à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle

30 et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle 32, calculée(s) lors de l'étape de calcul 130 précédente.

Lors d'une étape suivante 150 optionnelle, le système de gestion de vol 20 estime en outre, via son module d'estimation 44, une ou plusieurs grandeurs aéronautiques en un ou plusieurs points successifs de la trajectoire d'approche visuelle générée lors de l'étape 140. La ou les grandeurs aéronautiques estimées sont par exemple la distance entre ledit point considéré de la trajectoire d'approche visuelle et un autre point de la trajectoire d'approche visuelle, de préférence la distance entre ledit point considéré et le prochain point de la trajectoire d'approche visuelle, ainsi que la quantité de carburant restante, la date de passage et la vitesse de l'aéronef 10 en ledit point considéré de la trajectoire d'approche visuelle. La ou lesdites grandeurs aéronautiques estimées permettent alors d'aider l'utilisateur de manière encore plus efficace, pour effectuer un suivi plus précis et plus prédictible de la trajectoire de l'approche visuelle.

Lors d'une étape suivante 160 également optionnelle, le système de gestion de vol 20 détermine, via son module de détermination 42, la zone de manœuvre autour de la piste d'atterrissage 22.

Enfin, lors d'une étape d'affichage 170 également optionnelle, le système de gestion de vol 20 affiche, via son module d'affichage 36, la trajectoire d'approche visuelle générée lors de l'étape 140, ainsi qu'en complément facultatif le symbole aéronef représentant la position courante de l'aéronef, afin de permettre à l'utilisateur de savoir où se situe l'aéronef 10 par rapport à la trajectoire d'approche visuelle générée.

Lors de cette étape d'affichage 170, le module d'affichage 36 affiche également la zone de manœuvre lorsqu'elle a été déterminée lors de l'étape 160, et/ou les éventuelles grandeurs aéronautiques estimées lors de l'étape d'estimation 150. De manière optionnelle, le système de gestion de vol 20 transmet, lors d'une étape 180 et via son module de transmission 38, les consignes de suivi de la trajectoire d'approche visuelle générée lors de l'étape 140 à un système avionique 12 respectif, tel que le système de pilotage automatique.

L'homme du métier comprendra alors que le système de gestion de vol 20 est susceptible d'effectuer à l'issue de l'étape de génération 140, voire de manière optionnelle de l'étape d'estimation 150 et/ou de l'étape de détermination 160, à la fois l'étape d'affichage 170 et l'étape de transmission 180, ou bien alternativement l'une ou l'autre.

Ainsi, le système de gestion de vol 20 selon l'invention permet de générer automatiquement la trajectoire d'approche visuelle, que ce soit en manœuvre à vue imposée MVI ou en manœuvre à vue libre MVL et permet alors un suivi de la trajectoire de l'aéronef 10 en approche visuelle par l'utilisateur qui est bien plus précis et prédictible.

Le système de gestion de vol 20 permet en outre de limiter la quantité de données devant être stockées dans la base de données 14, la trajectoire d'approche visuelle n'étant alors plus stockée sous forme prédéfinie dans la base de données 14, mais calculée par le module de calcul 28.

Le système de gestion de vol 20 permet également d'améliorer encore l'aide au pilotage avec l'affichage de la trajectoire d'approche visuelle générée et des éventuelles grandeurs aéronautiques estimées via le module d'affichage 36, et/ou la capacité de connecter le pilotage automatique sur la trajectoire d'approche visuelle générée via le module de transmission 38.

Le système de gestion de vol 20 permet également d'améliorer la gestion de mode dégradé où il est nécessaire d'interrompre la procédure d'approche visuelle, par exemple en cas de perte de visibilité, et d'effectuer une manœuvre de remise des gaz. En effet, la coexistence de la trajectoire d'approche visuelle générée par le module de génération 34 avec l'approche standard, pour laquelle une procédure de remise des gaz est définie, permet à l'utilisateur de bénéficier de l'affichage à la fois de la procédure de remise des gaz et de la trajectoire d'approche visuelle recalculée suite à cette procédure de remise de gaz.

On conçoit ainsi que le système de gestion de vol 20 selon l'invention offre à l'utilisateur, tel que le pilote ou le co-pilote de l'aéronef 10, un suivi plus précis de la trajectoire de l'aéronef 10 en approche visuelle.

Revendications

1. Procédé de gestion du vol d'un aéronef (10) en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage (22), le procédé étant mis en œuvre par un système électronique de gestion de vol (20) et comprenant les étapes suivantes :

- l'acquisition (120) d'au moins un ensemble parmi un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle, au moins l'une desdites valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle étant désignable par un utilisateur,
- le calcul (130) d'au moins une trajectoire parmi une trajectoire latérale d'approche visuelle (30) à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale et une trajectoire verticale d'approche visuelle (32) à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire verticale, et
- la génération (140) d'une trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage (22) à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle (30) et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle (32).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le procédé comprend en outre une étape (170) d'affichage, sur un écran d'affichage (16), de la trajectoire d'approche visuelle, l'étape d'affichage (170) comportant de préférence l'affichage en outre d'un symbole représentatif de la position de l'aéronef (10) par rapport à la trajectoire d'approche visuelle.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le procédé comprend en outre une étape (180) de transmission de consignes de suivi de la trajectoire d'approche visuelle à un système électronique de pilotage automatique.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque paramètre de trajectoire latérale d'approche visuelle est choisi parmi le groupe consistant en : la position d'un point initial (A) de la trajectoire d'approche, un cap d'écartement (TRK), une longueur (L) d'un segment de la trajectoire d'approche, un rayon de virage (D) de l'aéronef (10), et un sens de virage de l'aéronef (10) ; et chaque paramètre de trajectoire verticale d'approche visuelle est choisi parmi le groupe consistant en : une altitude minimale (MA) d'un point initial de descente (X_3) selon un axe final d'approche (APP) et un angle (FP) de l'axe final d'approche (APP) par rapport à un plan de référence (P) de la piste d'atterrissage (22).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le procédé comprend en outre, préalablement à l'étape d'acquisition (120), une étape (100) de sélection d'un type parmi un groupe de types (T1, T2, T3) de trajectoire d'approche visuelle, chaque type (T1, T2, T3) de trajectoire d'approche visuelle correspondant à une forme prédéfinie respective de la trajectoire d'approche visuelle, et lors de l'étape d'acquisition (120), le ou chaque ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire dépendant alors du type sélectionné (T1, T2, T3), le groupe de types (T1, T2, T3) comportant de préférence :

+ un premier type (T1) correspondant à une trajectoire d'approche visuelle comportant une déviation selon un cap d'écartement (TRK) suivie d'un segment sensiblement parallèle à la piste d'atterrissage (22) et d'un virage à sensiblement 180° ;

+ un deuxième type (T2) correspondant à une trajectoire d'approche visuelle comportant une déviation selon un cap d'écartement (TRK) suivie d'un segment sensiblement perpendiculaire à la piste d'atterrissage (22) et d'un virage à sensiblement 90° ; et

+ un troisième type (T3) correspondant à une trajectoire d'approche visuelle comportant une déviation selon un cap d'écartement (TRK) suivie d'un virage sensiblement compris entre 90° et 180°, d'un segment sensiblement parallèle à la piste d'atterrissage (22) et d'un virage à sensiblement 180°.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le procédé comprend en outre une étape (160) de détermination d'une zone de manœuvre autour de la piste d'atterrissage (22).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le procédé comprend en outre une étape (150) d'estimation d'au moins une grandeur aéronautique en au moins un point de la trajectoire d'approche visuelle, chaque grandeur aéronautique en un point respectif de la trajectoire d'approche visuelle étant de préférence choisie parmi le groupe consistant en : une distance entre ledit point respectif de la trajectoire d'approche visuelle et un autre point de la trajectoire d'approche visuelle, une quantité de carburant restante, une date de passage et une vitesse de l'aéronef (10).

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

9. Système électronique (20) de gestion de vol, le système (20) étant configuré pour gérer le vol d'un aéronef (10) en phase d'approche visuelle vers une piste d'atterrissage (22), et comprenant :

- un module d'acquisition (24) configuré pour acquérir au moins un ensemble parmi un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire latérale d'approche visuelle et un ensemble de valeurs de paramètres de trajectoire verticale d'approche visuelle,

- un module de désignation (26) configuré pour désigner, à partir d'une interaction d'un utilisateur, au moins l'une desdites valeurs de paramètres de trajectoire d'approche visuelle,

- un module de calcul (28) configuré pour calculer au moins une trajectoire parmi une trajectoire latérale d'approche visuelle (30) à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire latérale et une trajectoire verticale

d'approche visuelle (32) à partir des valeurs desdits paramètres de trajectoire verticale, et
- un module de génération (34) configuré pour générer une trajectoire d'approche visuelle vers la piste d'atterrissage (22) à partir de la trajectoire latérale d'approche visuelle (30) et/ou de la trajectoire verticale d'approche visuelle (32).

- 5
10. Système (20) selon la revendication 9, dans lequel le système (20) comprend en outre un module d'affichage (36) configuré pour afficher, sur un écran d'affichage (16), la trajectoire d'approche visuelle, le module d'affichage (36) étant de préférence configuré pour afficher en outre un symbole représentatif de la position de l'aéronef (10) par rapport à la trajectoire d'approche visuelle.
- 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

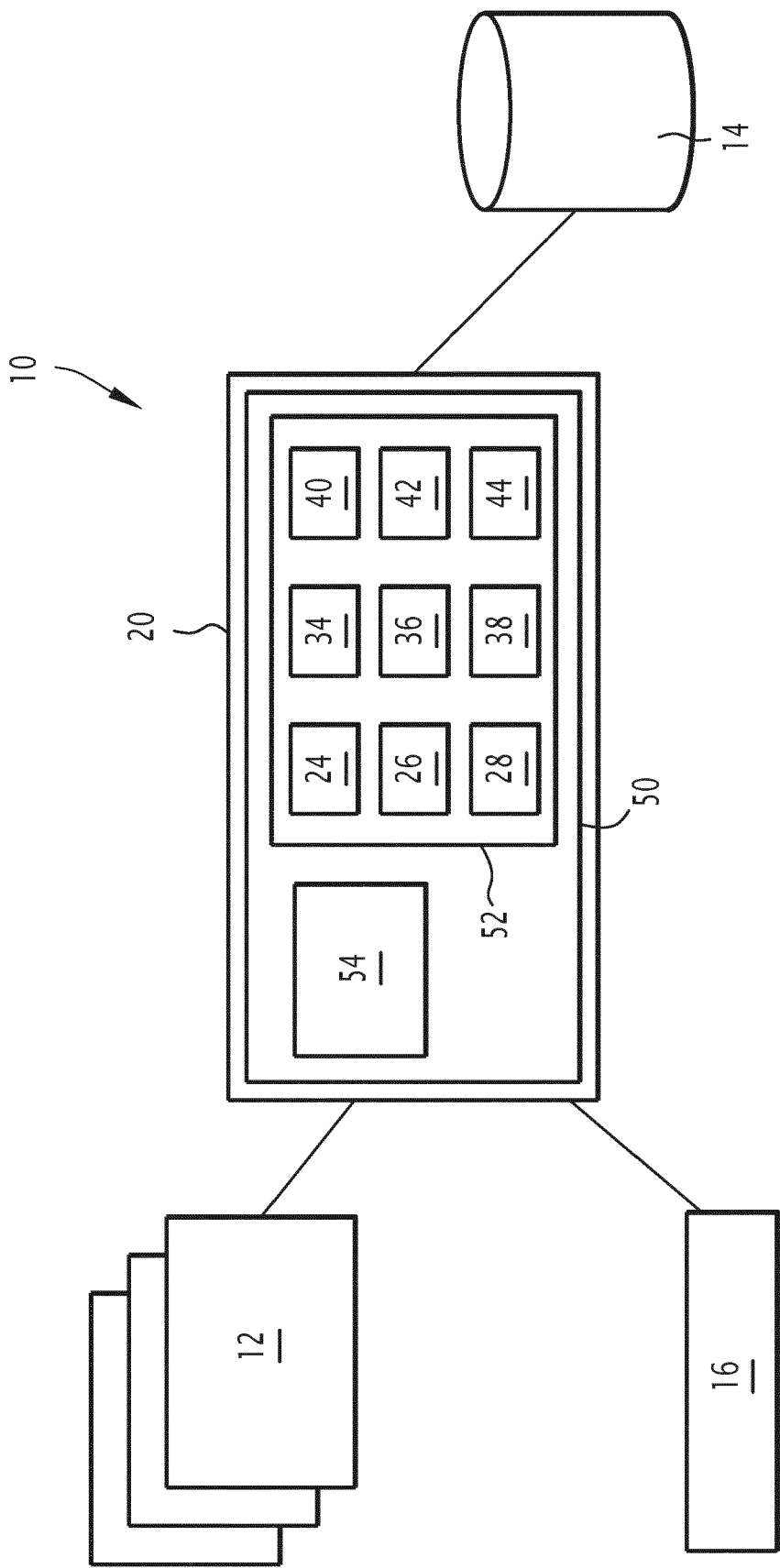


FIG.1

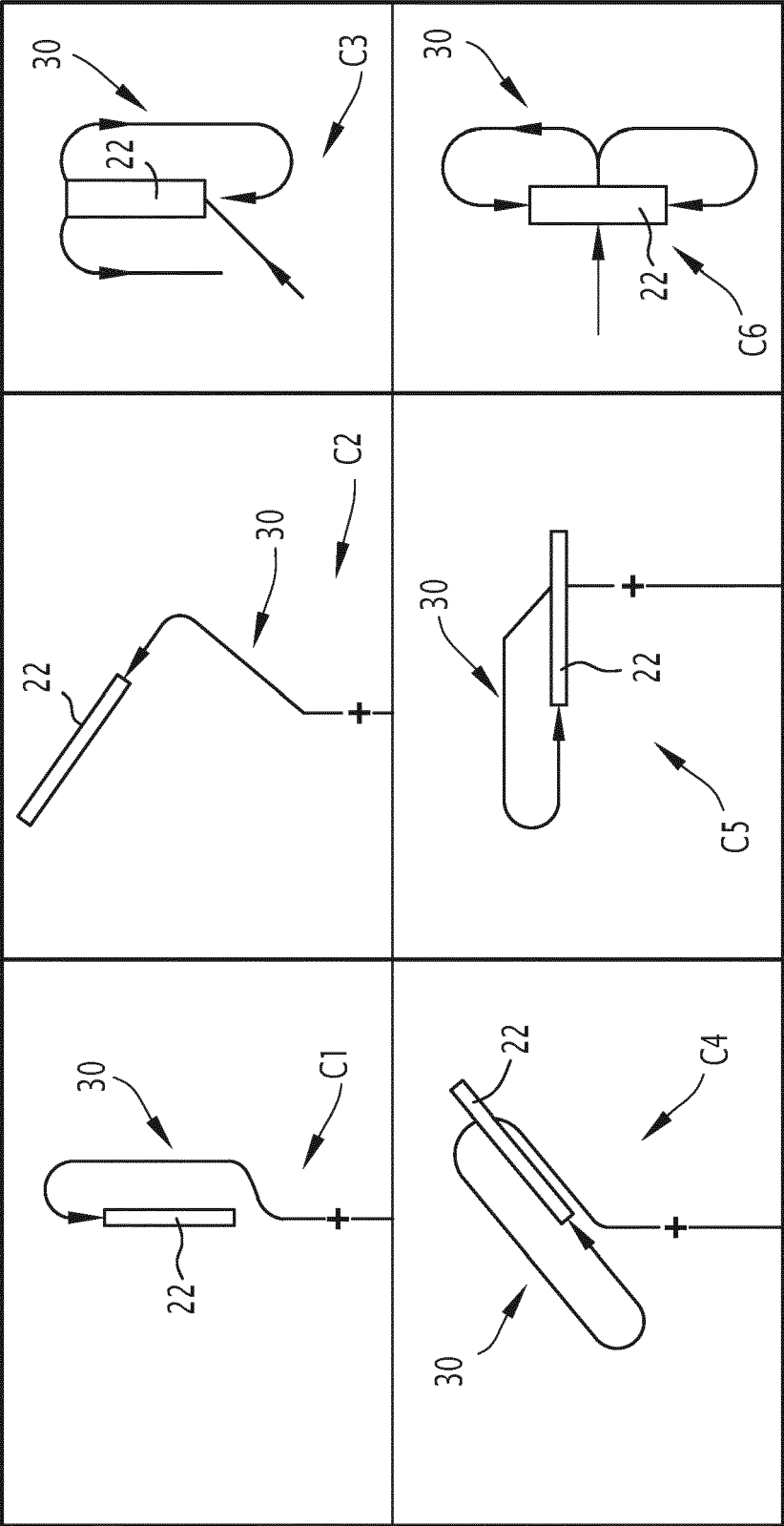


FIG. 2

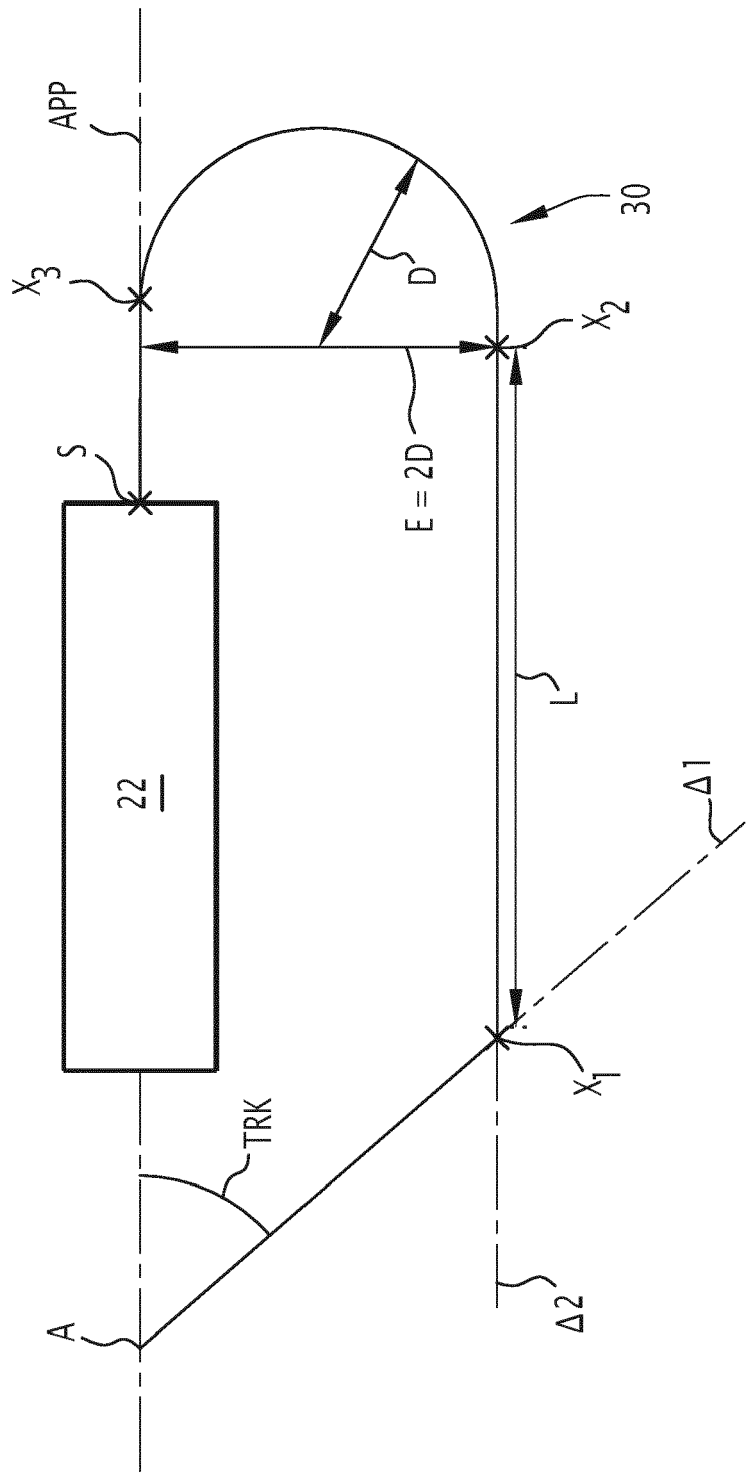


FIG.3

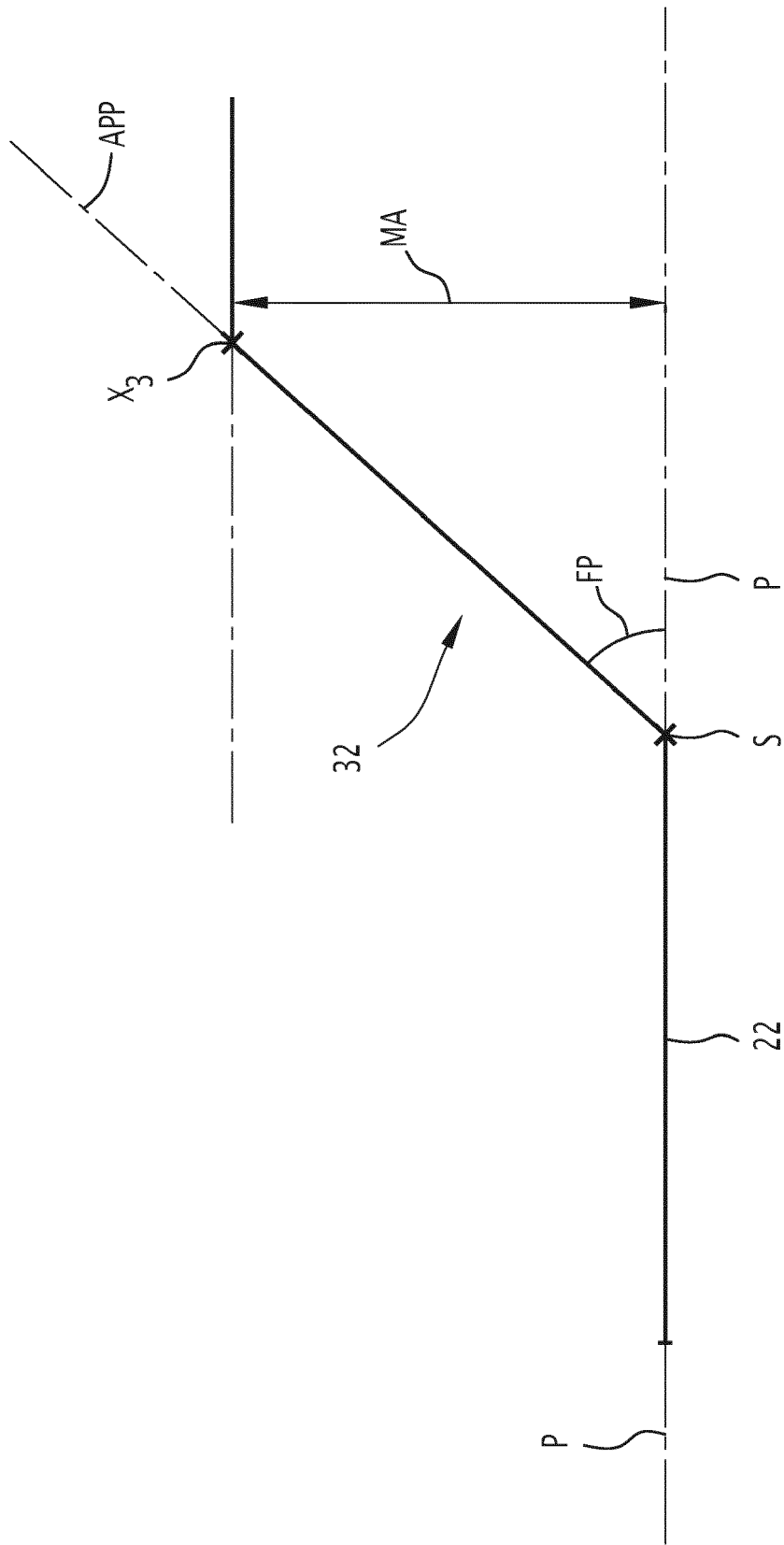


FIG.4

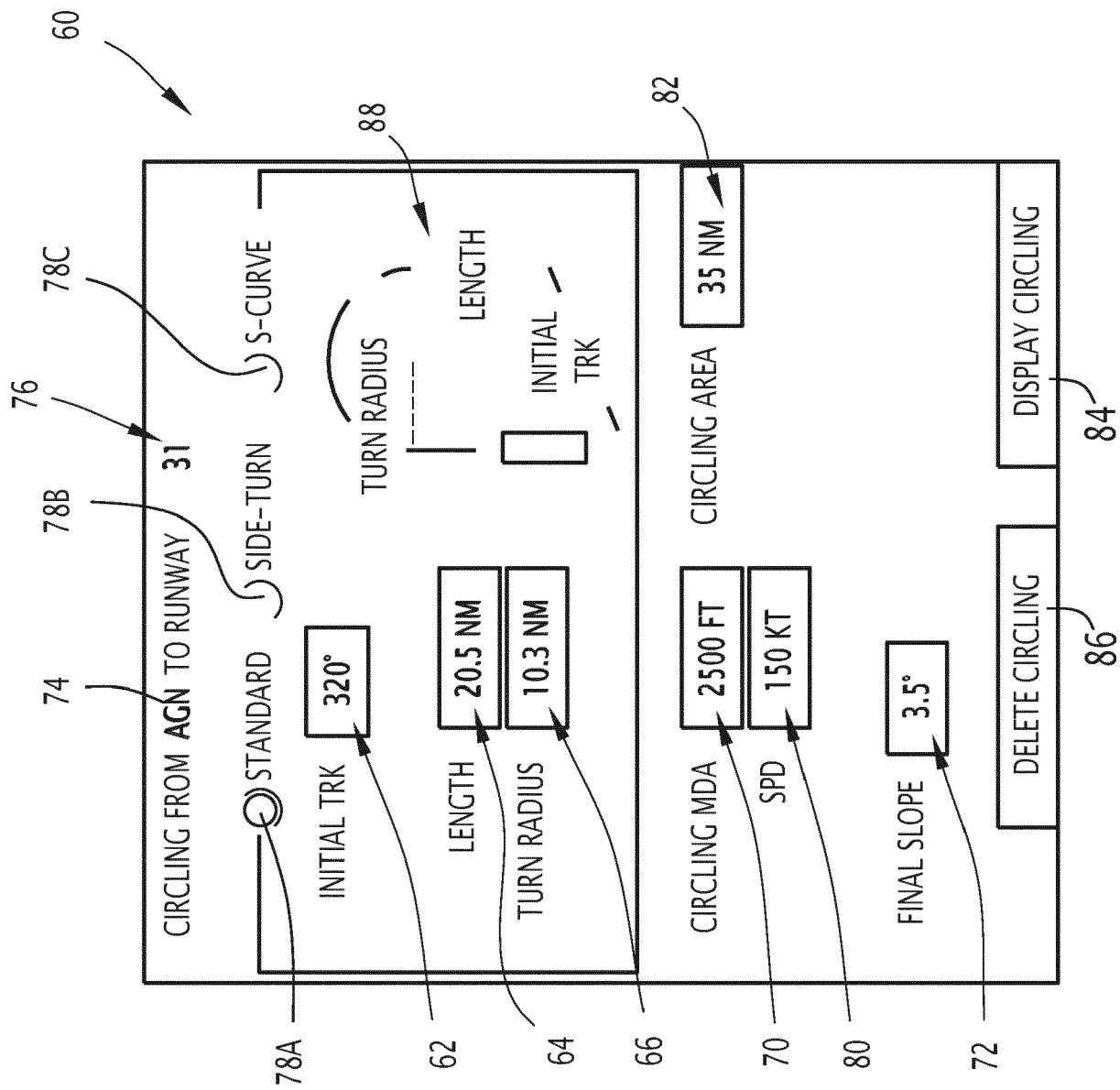


FIG. 5

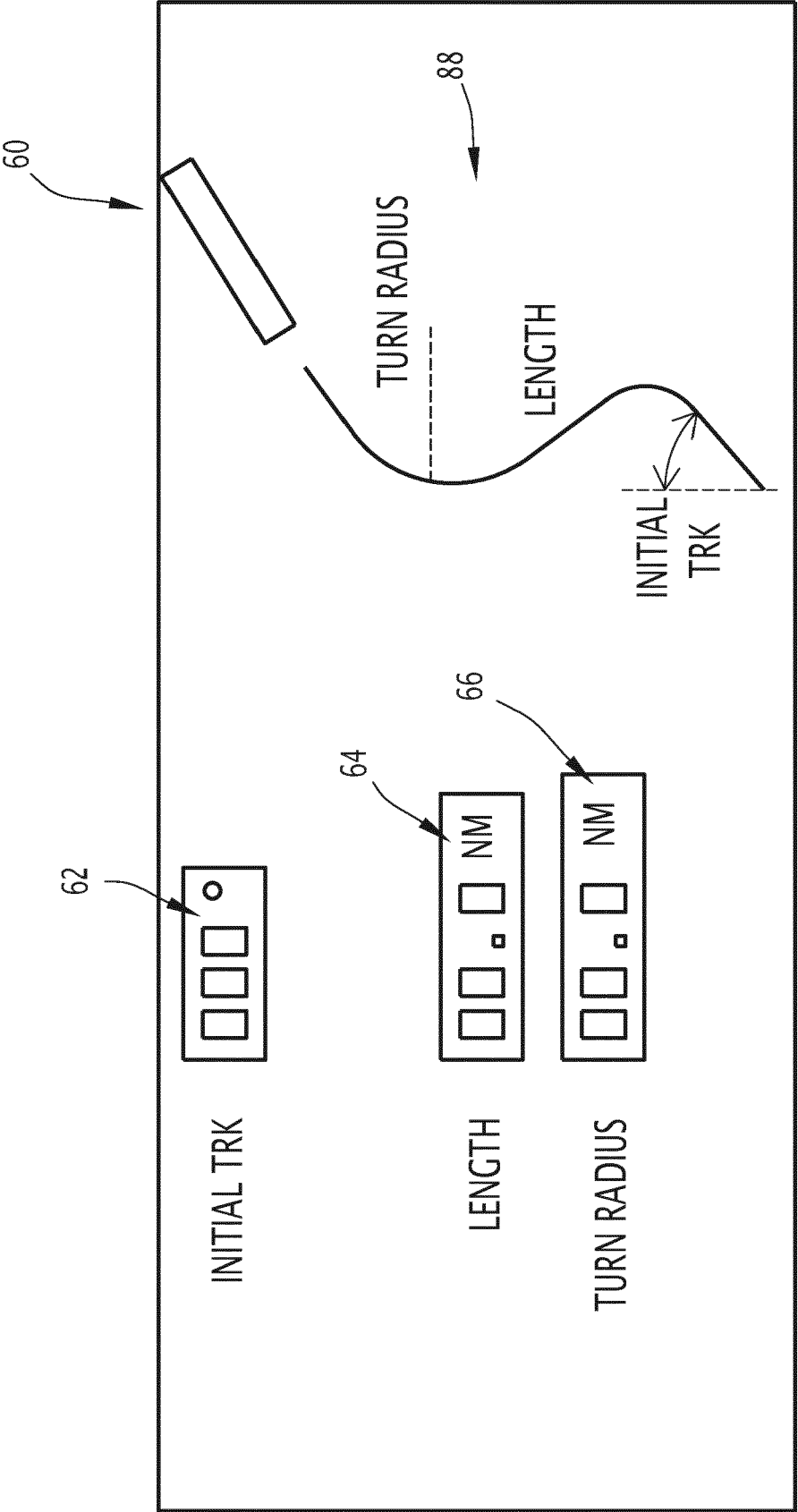


FIG.6

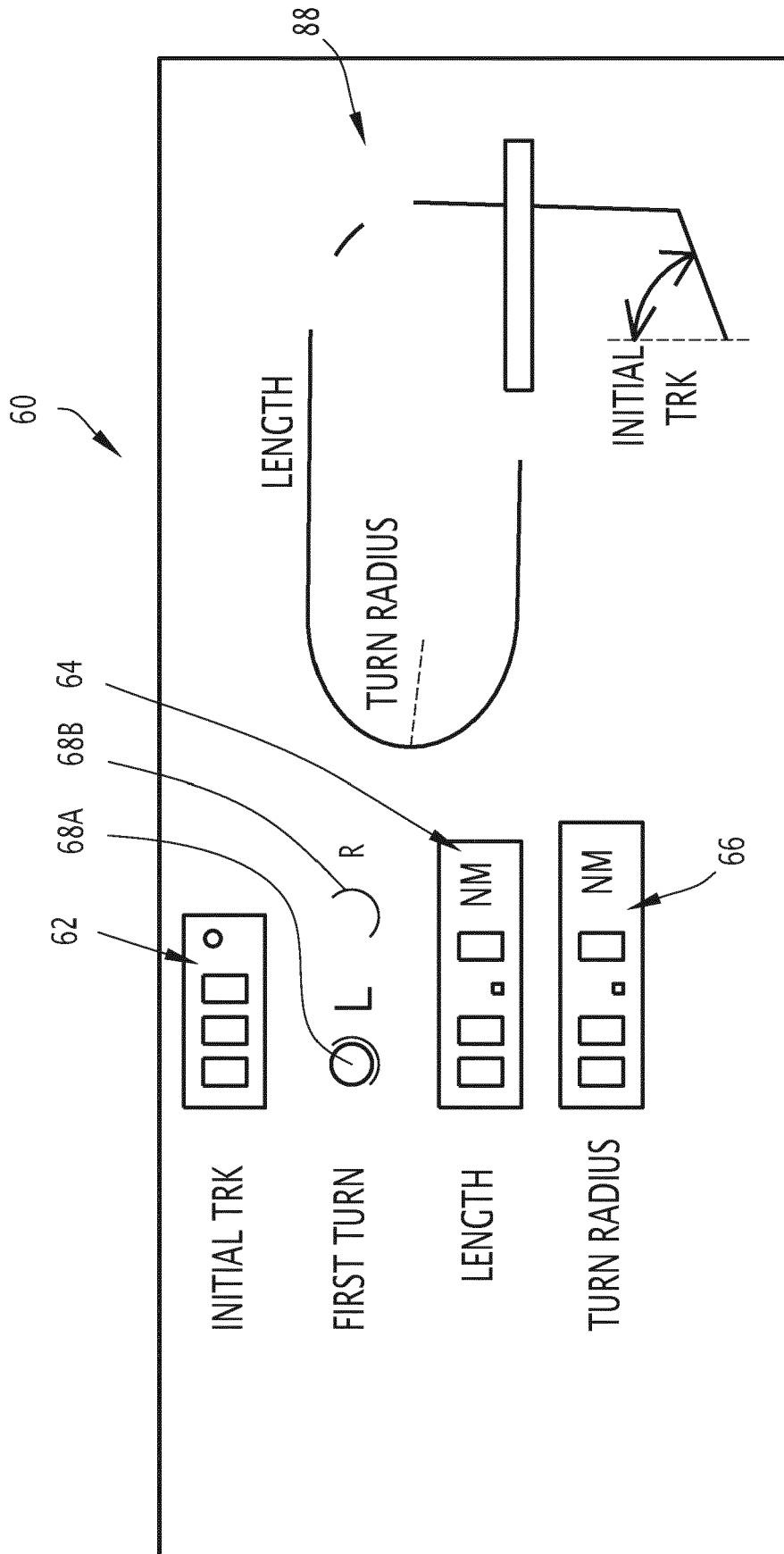


FIG.7

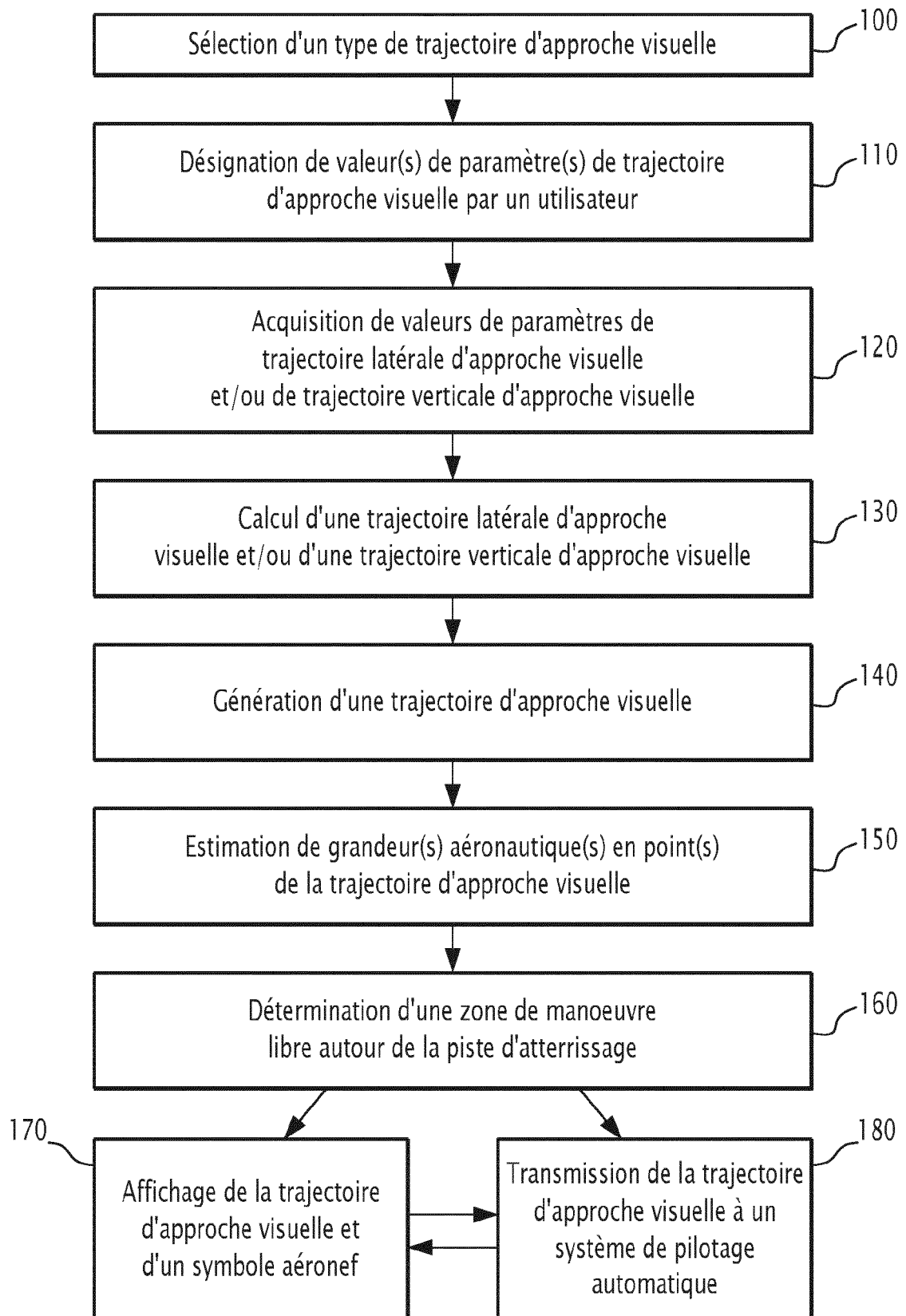


FIG.8



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 20 18 4655

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 2015/081197 A1 (GAERTNER MARCO [DE] ET AL) 19 mars 2015 (2015-03-19) * abrégé * * alinéas [0002], [0004], [0036] - [0039], [0044], [0045] * * figures 1-3 *	1-10	INV. G08G5/02 G08G5/00
A	US 2014/350755 A1 (CAILLAUD CHRISTOPHE [FR] ET AL) 27 novembre 2014 (2014-11-27) * alinéa [0083] *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G08G
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 15 octobre 2020	Examineur Thareau-Berthet, N
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 20 18 4655

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.

15-10-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2015081197 A1	19-03-2015	US 2015081197 A1	19-03-2015
		WO 2015038208 A1	19-03-2015
-----		-----	
US 2014350755 A1	27-11-2014	FR 3006049 A1	28-11-2014
		US 2014350755 A1	27-11-2014
-----		-----	

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

- CN 103699132 A [0004]