

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **2 973 896**

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

②① N° d'enregistrement national : **12 53158**

⑤① Int Cl⁸ : **G 05 D 1/12 (2017.01), G 01 C 21/04, F 42 B 15/01**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE DE GUIDAGE D'UN AVION VERS UN OBJET-CIBLE PREDEFINI ET SYSTEME DE GUIDAGE.

②② Date de dépôt : 05.04.12.

③③ Priorité : 08.04.11 DE 102011016521.5.

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 12.10.12 Bulletin 12/41.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 25.05.18 Bulletin 18/21.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : LFK-
LENKFLUGKORPERSYSTEME GMBH — DE.

⑦② Inventeur(s) : DR. SCHOTTL ALFRED.

⑦③ Titulaire(s) : LFK-LENKFLUGKORPERSYSTEME
GMBH.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

FR 2 973 896 - B1



Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte à un procédé de guidage d'un avion vers un objet-cible prédéfini ainsi qu'un système de guidage mettant en œuvre ce procédé.

5 Etat de la technique

De façon générale selon l'état de la technique, les avions sont équipés de systèmes de guidage comportant des capteurs pour commander l'avion de façon que l'avion suive aussi fidèlement que possible une trajectoire ou une trajectoire vers une destination prédéfinie. Par exemple, de tels systèmes de guidage connus peuvent être intégrés dans un engin volant téléguidé et être réalisés pour conduire l'engin volant vers une cible prédéfinie de façon que l'engin atteigne la cible prédéfinie avec un écart aussi réduit que possible.

On connaît également de manière générale selon l'état de la technique, les fonctions de traitement d'image pour déterminer les positions en trois dimensions par rapport à l'environnement d'un point de référence à l'aide d'un capteur d'image. La détermination de la position se fait par comparaison de l'image de l'environnement prise par le capteur et d'un modèle de référence connu préalablement par l'appareil. De tels procédés de détermination de position en trois dimensions (3D), n'ont toutefois pas été utilisés dans des dispositifs de guidage de vol ou des dispositifs de pilotage, car ces moyens ne permettent pas de répondre aux exigences actuelles concernant de telles fonctions à cause des règles de guidage strictes. D'une part, un dispositif de guidage ou de pilotage équipé d'un tel procédé tridimensionnel ne peut se réaliser que de manière limitée en temps réel à cause du temps nécessaire aux calculs. D'autre part, la sensibilité ou la fragilité de tels procédés tridimensionnels vis-à-vis des erreurs du modèle de référence, sont par principe nécessairement très élevées. La précision requise pour les fonctions de guidage ou de pilotage pour l'identification de la structure de l'environnement d'un point de référence, ne peut s'obtenir de manière fiable qu'avec des modèles très précis qui sont rarement disponibles en pratique.

But de l'invention

La présente invention a pour but de développer un procédé de guidage ou de pilotage ainsi qu'un système de guidage ou de pilotage pour commander un engin volant vers un objet-cible prédéfini à partir d'informations d'images pour que l'avion puisse naviguer avec une précision et une fiabilité suffisantes vers l'objet-cible prédéfini.

Exposé et avantages de l'invention

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de guidage de vol d'un avion ou engin volant pour le guider vers un objet-cible prédéfini par des informations d'images et notamment un objet au sol et/ou l'environnement d'un point-cible prédéfini au sol, procédé comprenant les étapes suivantes consistant à :

- effectuer une projection de modèle d'un modèle de référence prédéfini de l'objet-cible ou d'une partie de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible prédéfini consistant à partir de la direction de visée actuelle de l'engin volant, de faire une projection du modèle de référence ou d'une partie de celui-ci sur un plan image qui correspond à l'écart autorisé près, au plan image sur lequel se fonde la saisie de l'objet-cible l'environnement par le capteur d'image de l'engin volant, les informations relatives à la direction de visée actuelle de l'engin volant étant obtenues à partir d'un module de navigation ou d'un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation provenant d'une itération antérieure du procédé de guidage de vol,
- effectuer une corrélation de texture et à partir de la position relative actuelle évaluée engin volant-objet-cible, à partir des informations d'images de l'image actuelle ou quasi-actuelle d'une suite d'images prises de l'objet-cible ou de son environnement et à partir des informations de projection résultant de la projection de modèle,
- effectuer une corrélation de texture avec des informations d'images d'une image actuelle et des informations d'images d'une image antérieure à l'image actuelle respectivement, chaque fois à partir de la suite chronologique d'images prises et pour déterminer une direction

de mouvement réel, évaluée et/ou d'une vitesse réelle de l'engin volant,

- à partir de la direction de mouvement réelle, évaluée et/ou de la vitesse réelle de l'engin volant et à partir des informations relative à la position actuelle de l'engin volant, effectuer un procédé d'évaluation pour évaluer une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible pour l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, et transmettre la position relative engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle à un module de guidage,
- dans le module de guidage, à partir de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et du vecteur de vitesse réelle, déterminé, générer des ordres pour les actionneurs commandant les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant pour guider l'engin volant vers l'objet-cible.

Selon l'invention, on applique un système de poursuite de trajectoire ou de guidage de vol ou un procédé de poursuite de trajectoire ou de guidage de vol appelés en abrégé "système de poursuite" le système commande l'avion ou l'engin volant en utilisant les données d'images prises par des capteurs correspondant à l'environnement effectif d'un point prédéfini de la trajectoire. A partir de la comparaison des informations d'images et de l'environnement effectif d'un point prédéfini de la trajectoire avec des informations d'images en mémoire que l'engin volant a enregistrées comme informations prédéfinies du point de trajectoire concerné, le système de poursuite détermine l'écart de l'engin volant par rapport au point respectif de la trajectoire et en déduit des commandes pour actionner l'engin volant dans le sens du point de trajectoire.

Selon un développement de l'invention, on détermine les écarts en deux dimensions de l'engin volant par rapport à un point de la trajectoire. Son dispositif de traitement de données est conçu pour comparer ces images successives et déterminer à partir des différences d'image, des écarts en deux dimensions entre l'engin volant et la trajectoire souhaitée. Les résultats de cette comparaison peuvent s'énoncer

par exemple comme suit : "trop à gauche" ou "trop en dessous". Dans de tels dispositifs de recherche en deux dimensions, on ne détermine pas la distance par rapport à la cible.

5 Selon un autre développement de l'invention, en variante ou en plus des fonctions prédéfinies, on applique un procédé de détermination de position 3D qui, à côté des problèmes de données de référence, traite également les problèmes d'une extraction fiable de caractéristiques pour éviter des images non nettes ou ayant un mauvais contraste et qui n'aboutiraient à aucune caractéristique ou à un
10 nombre trop élevé de caractéristiques. Dans les deux cas, il serait difficile ou impossible d'associer ces caractéristiques aux caractéristiques correspondantes de la structure de référence. Une défaillance trop longue d'images appropriées se traduirait par une perte de poursuite, c'est-à-dire à une impossibilité permanente de comparer les données
15 d'image.

Selon l'invention, on utilise les fonctions de traitement d'image pour déterminer les écarts en trois dimensions d'un engin volant par rapport à un point de la trajectoire. Le dispositif de traitement d'image tourne et déforme les données d'images prises de l'environnement du point de trajectoire ou les données d'image enregistrées dans
20 un modèle de référence de l'environnement du point de trajectoire pour obtenir par comparaison d'images, c'est-à-dire comparaison des données d'images saisies et des données d'images enregistrées, une information tridimensionnelle de la position actuelle de l'engin volant ou de
25 l'écart de l'engin volant par rapport au point de la trajectoire. Le dispositif de guidage de vol ou dispositif de pilotage peut avoir un mode de fonctionnement permettant de prédéfinir la manœuvre de vol en trois dimensions par rapport au point de la trajectoire.

Selon l'invention, les fonctions pour effectuer des corrélations de texture par l'évaluation du mouvement de translation de l'engin volant sous l'effet des informations d'images pour une suite d'images prises ainsi que par l'évaluation de la position tridimensionnelle de l'engin volant fondée sur les informations d'images déduites du modèle de référence, permettent de faire les corrélations de texture en temps réel.
30 Avec les résultats de l'extraction de caractéristiques et de la comparai-
35

son de caractéristiques (concordance) des informations d'images provenant de plusieurs images d'une suite d'images prises de l'environnement du point de trajectoire et d'un modèle de référence de l'environnement du point de trajectoire, on pourra définir des ordres
5 pour répondre aux règles de guidage ou de pilotage, strictes, qui nécessitent des informations d'éloignement. En outre, la solution selon l'invention avec la combinaison de l'exécution d'une extraction de caractéristiques et d'une comparaison de caractéristiques (concordance) d'informations d'images provenant de plusieurs images et de corrélations de texture permettront de compenser une sensibilité, le cas
10 échéant limitée, quant à la précision du modèle de référence de sorte que les fonctions de guidage de vol ou de pilotage pourront être exécutées avec la précision requise.

Cette combinaison compense les problèmes liés à l'extraction de caractéristiques, par exemple des images non nettes ou de
15 mauvais contrastes qui n'aboutiraient à aucune caractéristique ou à un nombre trop élevé de caractéristiques si bien que toute association avec les caractéristiques correspondantes de la structure de référence ou du modèle de référence, serait difficile, voire impossible. On évite ainsi tout
20 risque de défaillance prolongée d'images appropriées et de perte de poursuite, c'est-à-dire qu'on évite l'impossibilité permanente de comparer les caractéristiques ou de faire des concordances et ainsi d'appliquer une poursuite sur une série de points de trajectoire vers lesquels il faut se guider.

L'invention a pour objet un procédé de guidage ou de pilotage d'un avion ou engin volant pour le conduire vers un objet-cible
25 prédéfini par des informations d'images et notamment un objet au sol et/ou l'environnement d'un point-cible prédéfini au sol, ce procédé comprenant les étapes consistant à :

- 30 - effectuer une projection de modèle pour un modèle de référence prédéfini de l'objet-cible ou d'une partie de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible prédéfini en réalisant sur le fondement de la direction de visée actuelle de l'engin volant, une projection du modèle de référence ou d'une partie de celui-ci sur un plan image qui
35 correspond dans les limites d'écart autorisé au plan image et dans la

- saisie de l'objet-cible ou de son environnement, et est fondée sur un capteur d'image de l'avion, les informations de direction actuelle de visée de l'avion provenant d'un module de navigation ou d'un module d'interface du système de guidage ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation à partir d'une itération antérieure appliquée par le procédé de guidage du vol,
- 5 - à partir des informations d'images provenant d'une image actuelle ou quasi-actuelle pour une suite chronologique d'images prises de l'objet-cible ou de son environnement et à partir des informations de projection déterminées dans la projection de modèle, on effectue une
10 corrélation de texture et aussi à partir d'une détermination d'une position relative actuelle engin volant-objet-cible, position évaluée par rapport à la position de l'objet-cible,
 - effectuer une corrélation de texture avec des informations d'images
15 provenant d'une image actuelle et des informations d'images provenant d'une image (B2) considérée comme antérieure, comme image chaque fois actuelle (B3), respectivement à partir de la suite chronologique des images prises et de la détermination d'une direction de mouvement réel, évaluée et/ou d'une vitesse réelle de l'engin volant,
20 notamment par rapport à la position de l'objet-cible,
 - à partir de la direction de mouvement réel, évaluée et/ou de la vitesse réelle de l'engin volant ainsi qu'à partir des informations par rapport à la position actuelle de l'engin volant, notamment par rapport à l'objet-cible, on exécute un procédé d'évaluation pour évaluer
25 une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible pour l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, notamment par rapport à l'objet-cible et on transmet la position relative de l'engin volant-objet-cible et/ou le vecteur
30 de vitesse réelle à un module de guidage,
 - dans le module de guidage, à partir de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et du vecteur de vitesse réelle, déterminé, on génère des ordres pour les actionneurs pour actionner des moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant et le conduit vers l'objet-cible.
35

Selon l'invention, on détermine les informations relatives à la position actuelle de l'engin volant, notamment par rapport à l'objet-cible et/ou la position relative actuelle engin volant-objet-cible et/ou la position de l'objet-cible par des données radiogoniométriques, notamment par le système de guidage de vol.

Selon un mode de réalisation du procédé de guidage de vol selon l'invention, l'objet-cible est un objet au sol et/ou un environnement d'un point-cible prédéfini au sol.

Selon un développement de l'invention du procédé de guidage de cible, il est prévu que pour exécuter le procédé d'évaluation, on détermine l'information de la position actuelle de l'engin volant qui est de préférence une position absolue ou en variante également une position relative, notamment une position par rapport à la position de l'engin volant à partir d'une plate-forme de communication prévue en option selon l'invention.

Selon un mode de réalisation du procédé de guidage de vol selon l'invention, le procédé comporte en outre les opérations suivantes consistant à :

- effectuer une projection de caractéristiques au moins d'une caractéristique du modèle de référence prédéterminé pour laquelle la direction de visée actuelle de l'engin volant génère une projection de la caractéristique du modèle de référence sur un plan image qui correspond à l'écart fiable du plan image et sur laquelle est fondée la saisie de l'objet-cible par un capteur d'image de l'engin volant, les informations concernant la direction actuelle de visée de l'engin volant étant celles fournies par un module de navigation ou un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation à partir d'une itération antérieure faite par le procédé de guidage de vol,
- effectuer une extraction de caractéristiques pour extraire des informations d'images à partir d'images actuelles respectives, ces caractéristiques correspondant à celles de l'image respective et identifier les caractéristiques correspondantes de l'image actuelle respective et du modèle de référence dans la projection de caractéristiques ainsi que

déterminer les différences entre les caractéristiques respectives comparées,

- à partir des disparités entre les caractéristiques respectives comparées, déterminer une position et/ou une situation de l'engin volant dans l'espace,
- à l'aide de la position et/ou de la situation déterminées de l'engin volant dans l'espace, effectuer un procédé d'évaluation pour évaluer une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible pour l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, notamment par rapport à l'objet-cible et transmettre la position relative engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle à un module de guidage.

Selon une autre caractéristique, l'invention a pour objet un procédé de guidage de vol d'un engin volant pour guider celui-ci vers un objet-cible prédéfini par des informations d'images et notamment un objet au sol et/ou l'environnement d'un point-cible prédéfini au sol, ce procédé comprenant les étapes suivantes consistant à :

- effectuer une projection de caractéristiques pour au moins une caractéristique du modèle de référence prédéterminé et qui, à partir de la direction actuelle de visée de l'engin volant, génère une projection de la caractéristique du modèle de référence sur un plan image qui correspond à l'écart fiable du plan image sur lequel est fondée la saisie de l'objet-cible par le capteur d'image de l'engin volant, les informations relatives à la direction actuelle de visée de l'engin volant étant celles d'un module de navigation ou d'un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment résultant d'un procédé d'évaluation provenant d'une itération antérieure effectuée par le procédé de guidage de vol,
- effectuer une extraction de caractéristiques pour extraire des informations d'une image actuelle respective et qui correspondent aux caractéristiques de l'image et identifier les caractéristiques correspondantes de l'image actuelle respective et du modèle de référence dans la projection de caractéristiques et déterminer les différences entre les caractéristiques respectives comparées,

- à partir des différences entre les caractéristiques respectives comparées, déterminer une position et/ou une situation de l'engin volant dans l'espace,
- avec cette position et/ou situation déterminée de l'engin volant dans l'espace, effectuer un procédé d'évaluation pour évaluer une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible pour l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, notamment par rapport à l'objet-cible et transmettre la position relative engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle à un module de guidage,
- dans le module de guidage, à partir de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et du vecteur de vitesse réelle, déterminé, générer des ordres pour commander les actionneurs et manœuvrer les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant pour le conduire sur l'objet-cible.

Selon une autre caractéristique, l'invention a pour objet un système de guidage de vol d'un engin volant ou avion pour le guider à partir d'informations d'images vers un objet-cible prédéfini et notamment un objet au sol et/ou un environnement d'un point-cible prédéfini au sol, ce système de guidage de vol comprenant :

- un module de capteur d'image pour générer une suite chronologique d'images de l'objet-cible ou des informations d'images correspondantes,
- un module de modèle de référence contenant l'enregistrement d'un modèle de référence tridimensionnel de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible,
- un module de projection de modèle avec une fonction qui, à partir de la direction de visée actuelle respective de l'engin volant sur l'objet-cible, génère des informations de projection pour la projection du modèle de référence ou d'une partie de celui-ci sur un plan image correspondant à un écart fiable du plan image sur lequel se fonde la saisie de l'objet-cible par le capteur d'image de l'engin volant,
- un premier module de corrélation de texture et de localisation coopérant fonctionnellement avec le module de projection de modèle (PM-

- B) pour recevoir les informations de projection et avec le module de capteur d'image pour recevoir des informations d'images actuelles du point actuel respectif de l'objet-cible et ayant une fonction pour déterminer la corrélation entre les informations de projection et les informations d'images actuelles d'une image actuelle respective de l'objet-cible et une fonction qui, se fondant sur cette information, détermine la position relative actuelle évaluée engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible,
- un second module de corrélation de texture et de localisation coopérant fonctionnellement avec le module de capteur d'image pour recevoir de celui-ci les images saisies et qui a une fonction pour déterminer la corrélation de texture entre les informations d'images correspondant à l'image actuelle et les informations d'images correspondant à une image vue antérieurement à l'image actuelle et une fonction pour déterminer une direction de mouvement réel, évaluée et/ou une vitesse réelle de l'engin volant, notamment par rapport à la position de l'objet-cible en se fondant sur la corrélation de texture déterminée respectivement,
 - un module de filtre en relation fonctionnelle avec le premier et le second module de corrélation de texture et de localisation pour recevoir la position relative actuelle évaluée avion-objet-cible et la direction de mouvement réelle évaluée et/ou la vitesse réelle de l'engin volant et d'un module de navigation pour recevoir des informations de position de l'engin volant, ce module de filtre ayant une fonction pour évaluer une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou d'un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, notamment par rapport à l'objet-cible, en se fondant chaque fois sur les données reçues,
 - un module de guidage ayant une fonction pour générer des ordres pour les actionneurs pour actionner les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant en se fondant sur des règles de guidage spécifiques à l'engin volant et sur la position relative déterminée engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle, déterminé, pour guider l'engin volant sur l'objet-cible.

Selon une autre caractéristique du procédé de guidage de vol, le système de guidage de vol comprend :

une liaison fonctionnelle pour laquelle on utilise le module de navigation ou un module d'interface du système de guidage de vol ou un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation
5 provenant d'une itération antérieure du procédé de guidage de vol, et qui est reliée fonctionnellement au module de projection de modèle de façon que celui-ci, à partir des informations de la direction de visée actuelle de l'engin volant, génère une projection du modèle de référence ou
10 d'une partie de celui-ci sur un plan image.

Selon une autre caractéristique, l'invention concerne un système de guidage de vol d'un engin volant pour guider celui-ci à partir d'informations d'images vers un objet-cible prédéfini et notamment un objet au sol et/ou un environnement d'un point-cible prédéfini au sol,
15 système de guidage de vol comprenant :

- un module de capteur d'image pour générer une suite chronologique d'images de l'objet-cible ou d'informations d'images correspondantes,
- un module de modèle de référence contenant l'enregistrement d'un modèle de référence tridimensionnel de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible,
20
- un module de projection de caractéristiques relié fonctionnellement au module de modèle de référence et qui génère à partir de la direction de visée actuelle de l'engin volant, une projection de la caractéristique du modèle de référence sur un plan image et qui correspond au plan image avec un écart autorisé, plan sur lequel se fonde la saisie de l'objet-cible par le capteur d'image de l'engin volant, les informations relatives à la direction de visée actuelle de l'engin volant étant fournies par le module de navigation ou un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment
25 comme résultat d'un procédé d'évaluation provenant d'une itération antérieure du procédé de guidage de vol,
- au moins un module d'extraction de caractéristiques pour extraire des informations de l'image actuelle respective qui correspondent à l'image respective et pour identifier les caractéristiques correspon-
30 dantes de l'image actuelle respective et du modèle de référence dans
35

la projection des caractéristiques et déterminer les différences entre les caractéristiques respectives comparées,

- un module pour déterminer la position et/ou la situation de l'engin volant dans l'espace à partir des différences entre les caractéristiques respectives comparées,
- un module pour exécuter un procédé d'évaluation pour évaluer une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible de l'engin volant, notamment par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, notamment par rapport à l'objet-cible et pour transmettre la position relative engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle à un module de guidage et l'évaluation se fait en se fondant sur la position déterminée et/ou la position de l'engin volant dans l'espace, et
- un module de guidage ayant une fonction pour générer des ordres destinés aux actionneurs pour commander les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant à partir des règles de guidage spécifiques aux engins volants et de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et/ou du vecteur de vitesse réelle, déterminé, pour guider l'engin volant vers l'objet-cible.

Dessin

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'un exemple de réalisation de l'invention représenté à l'unique figure qui est un schéma par blocs d'un mode de réalisation d'une partie du système de guidage de vol selon l'invention.

Description du mode de réalisation

La figure montre un mode de réalisation du système de guidage de vol selon l'invention pour une configuration de base et quelques fonctions complémentaires en option.

Le système de guidage de vol selon l'invention sert à guider un engin volant ou un avion vers un objet-cible ou un point de trajectoire par rapport à un environnement de celui-ci au sol de sorte que par définition l'expression "objet-cible" dans la présentation de l'invention désigne notamment l'environnement d'un point de trajectoire et sera également appelé ci-après "environnement".

La représentation de la figure ne signifie pas qu'il s'agit d'une réalisation sous la forme d'un programme et/ou d'un circuit. En particulier, les blocs fonctionnels présentés correspondent à des parties de fonction qui peuvent être réalisées sous la forme d'un produit programme d'ordinateur qui s'implémente globalement sur un ordinateur ou partiellement sur plusieurs ordinateurs.

Le système de guidage de vol comporte un module de modèle de référence RM enregistré en mémoire dans un modèle de référence tridimensionnel de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible prédéfini. Comme module de modèle de référence RM, on a fonctionnellement un module de projection de modèle PM-B et en option, en plus, un module de projection de caractéristiques PF-B lié à celui-ci pour transmettre des informations d'images prédéfinies du modèle de référence de l'objet-cible du module de modèle de référence RM au modèle de projection de modèle PM-B et au module de projection de modèle PM-B.

Le module de projection de modèle PM-B a une fonction pour effectuer une projection du modèle de référence de l'objet-cible sur un plan image. En particulier, de façon imagée, l'objet-cible en tant que structure globale ou partie de cette structure, est mis dans une situation dans laquelle l'objet-cible correspond à un capteur d'image de l'engin volant pour laquelle à l'instant respectif, la structure ou une partie de celle-ci a été vue ou prise par le capteur d'image de l'engin volant. Le modèle de référence ou la partie de celui-ci, est ainsi projeté sur un plan image ou encore on transpose les informations d'images de façon correspondante sur un plan image qui correspond si possible au plan image ou n'en diffère que d'un écart acceptable, plan image sur lequel les informations d'images sont fondées sur des images faites par le capteur d'image ou sont ces images. Ainsi, pour le procédé selon l'invention, les images ou les informations d'images déduites du modèle de référence par la projection de modèle PM-B pour l'ensemble de l'objet-cible ou une partie de celui-ci, et qui sont générées par et avec le capteur d'image, peuvent être comparées avec des informations d'images ou une représentation de l'ensemble de l'objet-cible ou une partie de celui-ci et être mis en corrélation pour en déduire une position actuelle de

l'engin volant ou une position relative actuelle engin volant-objet-cible par rapport à la position et/ou la situation de l'objet-cible et/ou des déductions correspondantes, c'est-à-dire notamment en filtrant ou en évaluant.

5 Pour effectuer la projection de modèle PM-B, le modèle de projection de modèle PM-B reçoit une information ou des données décrivant la direction actuelle de visée de l'engin volant selon le modèle de référence, notamment comme structure tridimensionnelle. Cette information permet à la fonction d'effectuer la projection de modèle pour le
10 modèle de référence de façon que les informations d'images du modèle de référence de l'objet-cible soient projetées ou transformées pour être comparables aux informations d'images résultant du modèle de référence transformé pour être comparées aux informations d'images prises dans l'image de l'objet-cible fournie par le capteur d'image de l'engin
15 volant ou déduite de ces informations pour notamment ensuite appliquer un procédé d'évaluation ou effectuer une corrélation pour déterminer une position, une direction de mouvement ou une vitesse de l'engin volant par rapport à l'objet-cible. Ainsi, en mettant en œuvre la projection du modèle de référence en utilisant la direction de visée actuelle de
20 l'engin volant, on projette le modèle de référence ou une partie de celui-ci sur un plan image qui correspond, avec un écart acceptable, au plan image sur lequel se fonde la saisie de l'objet-cible par le capteur d'image de l'engin volant, les informations relatives à la direction de visée actuelle de l'engin volant étant fournies par un module de navigation ou
25 un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation provenant d'une itération antérieure du procédé de guidage de vol.

Le fait de fournir fonctionnellement les informations des données de projection de modèle pour le module de projection de modèle PM-B à une autre fonction technique du procédé, est représenté
30 schématiquement sous la forme d'une ligne fonctionnelle portant la référence 28 à la figure.

Le module de projection de caractéristiques PF-B relié fonctionnellement en option au module de modèle de référence RM a
35 une fonction pour appliquer une projection de caractéristiques du mo-

dèle de référence de l'objet-cible sur un plan image de référence respectif. Cette fonction permet de mettre en situation une caractéristique de l'objet-cible qui est disponible du fait du modèle de référence ou peut être déduite de celui-ci ; cette situation correspond à celle de l'objet-cible par rapport à un capteur d'image de l'engin volant et pour laquelle à l'instant respectif, la caractéristique correspondante de la structure ou du modèle de référence a été vue et saisie par le capteur d'image de l'engin volant. Au moins cette caractéristique respective du modèle de référence est ainsi projetée sur un plan image ou encore les informations d'images de ce modèle sont transposées de façon correspondante sur un plan image qui correspond si possible au plan image ou n'en diffère que par des écarts acceptables, plan image sur lequel se fondent les informations des images faites par le capteur d'image ou ces images mêmes ou leurs caractéristiques. Ainsi, pour le procédé selon l'invention, à partir des informations d'images déduites du modèle de référence par la projection de caractéristiques PF-B pour au moins une caractéristique, extraire les informations d'images de cette caractéristique et des images générées par le capteur d'image ou déduites de celles-ci, pour les comparer aux informations d'images ou à une représentation de l'ensemble de l'objet-cible ou d'une partie de celui-ci et mettre en corrélation pour en déduire notamment en filtrant ou en évaluant, la position actuelle de l'engin volant ou une position relative actuelle engin volant-objet-cible par rapport à la position et/ou à la situation de l'objet-cible par rapport à la situation du capteur d'image ou de l'engin volant et/ou des déductions de ces informations.

Pour exécuter la projection de caractéristiques, le module de projection de caractéristiques PF-B reçoit une information correspondant à la direction de visée actuelle de l'engin volant ou des données décrivant cette direction pour le modèle de référence, notamment comme structure tridimensionnelle. Cette information permet à la fonction de mise en œuvre de la projection de caractéristiques, de projeter au moins une caractéristique du modèle de référence pour que les informations d'images d'au moins une caractéristique de l'objet-cible soient projetées ou transformées pour qu'à partir de la caractéristique ainsi transformée du modèle de référence, les informations d'images qui

en résultent puissent être comparées aux informations d'images de l'image de l'objet-cible générée par le capteur d'image de l'engin volant, pour la comparaison des caractéristiques respectives ou déduire notamment selon un procédé d'évaluation effectué ensuite ou faire une
5 corrélation pour déterminer une position, une direction de mouvement ou une vitesse de l'engin volant par rapport à l'objet-cible. Ainsi, dans la mise en œuvre de la projection de caractéristiques PF-B, en s'appuyant sur la direction de visée actuelle de l'engin volant, on réalise une projection de la caractéristique respective du modèle de référence sur un plan
10 image qui correspond avec un écart acceptable, au plan image sur lequel se fonde la saisie de l'objet-cible par le capteur d'image de l'engin volant, et on utilise des informations relatives à la direction de visée actuelle de l'engin volant provenant du module de navigation ou d'un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation provenant d'une
15 itération antérieure du procédé de guidage de vol.

Le fait de fournir fonctionnellement des informations des données de projection de caractéristiques du module de projection de caractéristiques PF-B à une autre fonction du procédé est représenté
20 schématiquement sous la forme d'une ligne fonctionnelle portant la référence 27 à la figure.

Comme capteur d'image selon l'invention, on a notamment une caméra infrarouge, une caméra du domaine spectral visible ou un capteur radar générant des images ou une combinaison de plusieurs types de caméras séparées et/ou une combinaison de différents
25 types de caméras.

Avec au moins un capteur d'image, on prend une suite chronologique de plusieurs images de l'objet-cible. Les images de la suite chronologique sont générées dans un espace de temps dans lequel
30 le procédé de guidage de vol selon l'invention est actif et pour servir dans le module de guidage LM à générer des ordres de commande de trajectoire de l'engin volant en se fondant sur le procédé de guidage de vol selon l'invention. Le module de guidage est un module qui, par exemple à partir de la position et de la situation, notamment par rapport à la cible, calcule les ordres d'accélération actuels de l'engin volant
35

et détermine ou définit notamment par l'intermédiaire d'un régulateur d'état de vol, la position des ailerons ou gouvernes de l'engin volant. La figure montre une telle suite chronologique d'images d'une façon schématique et à titre d'exemple :

- 5 - l'image B1 qui a été prise à un instant actuel ou quasi-actuel porte la référence "T(n)" à la figure, c'est-à-dire la référence correspondant à l'instant d'indice "n",
- l'image B2 qui correspond à un instant qui précède relativement brièvement l'instant actuel ou quasi-actuel et qui a été prise notam-
10 ment dans le temps avant l'image actuelle, porte la référence "T(n-1)" à la figure, c'est-à-dire la référence d'un instant d'indice "n-1",
- l'image B3 qui a été prise à un instant qui est bien avant l'instant actuel ou quasi-actuel ou encore antérieur à l'instant T(n-1) et qui se situe notamment à quelques images correspondant à l'instant T(n-1),
15 porte la référence "T(n-k)" à la figure, c'est-à-dire qu'elle correspond à la référence de l'instant d'indice "n-k".

Fournir fonctionnellement les informations des images représentées B1, B2, B3 à une autre fonction du procédé, est représenté schématiquement chaque fois par une ligne fonctionnelle portant les
20 références 11, 12, 13 à la figure.

Un instant "quasi-actuel" désigne un instant qui n'est pas réellement l'instant actuel mais peut être considéré ou exploité comme instant actuel dans le cadre des autres instants utilisés dans le présent procédé.

25 Chacune des images prises B1, B2, B3 de l'objet-cible peut être notamment une information d'image associé respectivement à l'image prise à un instant donné.

Selon l'invention, il est prévu notamment un module de capteur d'image avec un tel capteur d'image et un tel dispositif de traitement de signal de capteur qui convertit les signaux fournis par le cap-
30 teur d'image en des informations d'images associées à un instant respectif d'une image sous la forme de signaux formatés.

Un mode de réalisation du système de guidage de vol selon l'invention comporte un premier module de corrélation de texture
35 T3-TK1, T3-S1 relié fonctionnellement par une ligne de signal, au mo-

dule de projection de modèle PM-B pour recevoir les informations de projection qui sont celles que l'on obtient par la projection du modèle de référence ou d'une partie de celui-ci sur un plan image en tenant compte de la direction de visée actuelle respective de l'engin volant sur l'objet-cible et avec le module de capteur pour recevoir les informations d'images actuelles de l'image actuelle respective de l'objet-cible et ayant une fonction de détermination d'une corrélation T3-TK1 et notamment une corrélation de texture entre les informations de projection respectivement tenues et les informations d'images "actuelles" de l'image actuelle respective de l'objet-cible et une fonction T3-S1 qui, en se fondant sur ces informations, détermine une position relative actuelle évaluée engin volant-objet-cible pour l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible.

La liaison fonctionnelle entre les fonctions pour fournir les résultats intermédiaires respectifs d'une fonction à la fonction suivante, est une relation représentée symboliquement par une ligne fonctionnelle portant la référence 56 à la figure.

La "position relative actuelle engin volant-objet-cible" peut être en particulier la distance actuelle entre l'engin volant et l'objet-cible ; en option il peut également s'agir de la combinaison avec la direction de visée actuelle de l'engin volant ou de son module de capteur d'image dirigé vers l'objet-cible.

L'expression "corrélation de texture" désigne selon l'invention plus généralement une relation fonctionnelle et notamment un écart entre les informations de deux images. Dans le cas cité ci-dessus et dans le mode de réalisation cité ci-dessus, une relation fonctionnelle et notamment un écart entre les informations de projection générées respectivement par le module de projection de modèle PM-B et qui correspondent à une projection de modèle sur le plan image et les informations d'images actuelles de l'image actuelle respective de l'objet-cible, et qui correspondent également une projection sur un plan image et notamment suivant le procédé de l'invention, les informations d'images sont transformées de façon que les plans images associés respectivement pour la comparaison, soient orientés de façon identique à un écart acceptable près, dans un espace en trois dimensions ou encore que le

plan image de la projection de modèle soit mis en accord avec un écart acceptable selon l'orientation de l'image générée par le capteur d'image. Les informations d'images sont notamment des associations bidimensionnelles de contenu d'image à une région d'image. En particulier selon
5 l'invention l'expression "procédé de corrélation de texture T" désigne un procédé de traitement des informations d'images saisies d'au moins deux images d'une suite d'images et pour lesquelles, les informations d'images d'au moins deux images sont mises directement en relation pour les différences ou les modifications de la texture ou de la structure
10 reproduite sur les images respectives. Ainsi, par la comparaison directe, on identifie les différences directement perceptibles des textures d'images comparées entre elles. Les informations d'images d'une texture prise dans une image respective, peuvent notamment être données par les valeurs de pixel de l'image associée à chaque pixel de l'image et la
15 prise de l'image par un capteur, par exemple de luminosité et/ou de teinte associée à chaque pixel.

Selon le mode de réalisation de l'invention, le système de guidage de vol comporte un second module de corrélation de texture et de localisation T3-TK2, T3-S1 relié fonctionnellement au module de capteur d'image pour recevoir de celui-ci les images prises B1, B2, B3 :

- une fonction pour effectuer une corrélation de texture T3-TK2 avec les informations d'une image actuelle et des informations d'images pour une image B2 antérieure pour être mise en relation avec l'image B3 actuelle et déduire la relation entre les informations d'images
25 chaque fois mises en corrélation ou comparées, et
- une fonction T3-S2 pour déterminer une direction de mouvement réelle évaluée et/ou une vitesse réelle de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible en se fondant sur la corrélation de texture T3-TK2 respectivement obtenue.

30 La relation fonctionnelle entre ces fonctions pour fournir le résultat intermédiaire respectif d'une fonction à la fonction suivante, est schématisée par une ligne fonctionnelle portant la référence 55 à la figure.

Selon l'invention, le système de guidage de vol comporte
35 un module de filtre F-Ges qui coopère avec :

- le premier module de corrélation de texture et de localisation T3-RK1, T3-S1 pour recevoir la position relative actuelle évaluée engin volant-objet-cible,
- le second module de corrélation de texture et de localisation T3-TK2, T2-S2 pour recevoir la direction de mouvement réelle évaluée et/ou la vitesse réelle de l'engin volant, et
- un module de navigation N (ligne fonctionnelle symbolique 73) pour recevoir les informations de position de l'engin volant, c'est-à-dire la position de l'engin volant en deux dimensions dans un plan horizontal ou en trois dimensions dans l'espace et en option une ou plusieurs valeurs déduites.

Le module de filtre F-Ges a une fonction qu'il effectue notamment sur la base des grandeurs d'entrée citées ci-dessus en particulier sur la base d'un filtrage, une évaluation d'une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant par rapport à l'objet-cible en se fondant chaque fois sur les données reçues.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la position relative actuelle respective engin volant-objet-cible et la direction de mouvement réelle, évaluée respective et/ou un vecteur de vitesse réelle en deux dimensions (dans le plan horizontal) ou en trois dimensions de l'engin volant à partir des fonctions T3-S2 ou T3-S1 sont appliqués à un module de filtre T3-F avec une fonction de filtrage local (lignes fonctionnelle 55, 56) de façon que les grandeurs de sortie générées par les modules respectifs (lignes de fonction 55, 56) soient réunies ; à partir des grandeurs de sortie (lignes fonctionnelles 55, 56) de chacun des modules pour l'instant actuel ou un taux d'itération actuel, on détermine les valeurs uniformes respectives du signal pour la transmission (ligne fonctionnelle 66) au module de filtre F-Ges. La formation de valeurs de signal uniforme, c'est-à-dire si possible non contradictoires pour un taux d'itération ou qui ne sont pas trop dispersées, se fait notamment en formant la moyenne et/ou en lissant des valeurs, en option à l'aide des données de navigation.

Selon un mode de réalisation de l'invention, dans le module de projection de modèle PM-B en option dans le module de projection de caractéristiques PF-B, on introduit des informations concernant la direction de visée actuelle de l'engin volant par rapport au modèle de référence et/ou la position de l'engin volant qui ont été déterminées respectivement dans un module selon l'invention ou dans une plate-
5 forme de communication externe.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'information fournie au module de projection de modèle PM-B ou en option au module de projection de caractéristiques PF-B concernant la direction de visée actuelle de l'engin volant sur le modèle de référence et/ou la position de l'engin volant, peut être prise en variante ou en plus à partir des modules ou fonctions suivantes :

- un module de filtre spécifique du système de guidage de vol, ou
- 15 - le système de navigation N qui fait fonctionnellement partie du système de guidage de vol selon l'invention ou est associé fonctionnellement à celui-ci, ou
- de préférence comme dans l'exemple de réalisation représenté à la figure, le module de filtre F-Ges (ligne fonctionnelle symbolique 84).

20 En variante de cette information relative à la direction de visée actuelle et/ou à la position de l'engin volant sur le modèle de référence, on peut également transmettre à partir d'une plate-forme de communication au sol ou sur l'eau ou en vol, à un module de réception correspondant, c'est-à-dire de façon générale un module d'interface du système de guidage de vol. Dans ce cas, l'information de la direction de visée actuelle de l'engin volant sur le modèle de référence et/ou la position de l'engin volant, sont transmises par une ligne de signal du module de réception au module de projection de modèle TM-B et/ou au module de projection de caractéristiques PF-B. au cas où l'information
25 relative à la direction de visée actuelle de l'engin volant sur le modèle de référence est prise dans un module de filtre, il est notamment prévu que cette information est prélevée d'un procédé d'évaluation antérieure et notamment d'une itération antérieure ou encore par filtrage, c'est-à-dire d'une boucle d'itération antérieure ou précédente du procédé de l'invention. Pour la première itération ou aussi pour appuyer cette boucle de
30
35

réaction, on peut notamment prévoir une valeur prédéfinie que l'on introduit avant le début du procédé de guidage de vol pour chaque projection de modèle PM-B à effectuer.

Selon un mode de réalisation du procédé de guidage de vol de l'invention, c'est-à-dire après avoir exécuté la projection de modèle PM-B du modèle de référence prédéfini RM de l'objet-cible, et selon les caractéristiques projetées du modèle de référence suivant la direction de visée actuelle de l'engin volant, on procède notamment comme suit :

- 10 - à partir des informations d'images provenant d'une image actuelle d'une suite chronologique d'images prises B1, B2, B3, et à partir des informations obtenues par la projection de modèle PM-B, on effectue une corrélation de texture T3-TK2 en déterminant une position réelle évaluée de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible,
- 15 - pour effectuer une corrélation de texture T3-TK1 avec des informations d'images d'une image actuelle et des informations d'images d'une image B2 qui a été considérée antérieurement à l'image actuelle B1 à partir de la suite chronologique d'images prises B1, B2, B3, et on détermine une direction de mouvement réelle évaluée et/ou une vitesse réelle de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible,
- 20 - à partir de la direction de mouvement réelle évaluée et/ou de la vitesse réelle de l'engin volant ainsi qu'à partir des informations de position (à partir du système de navigation ; au moins une partie de la position et/ou de la première et/ou de la seconde dérivée de celle-ci), on effectue un procédé d'évaluation (filtrage) F-Ges pour évaluer une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant par rapport à l'objet-cible et on transmet la position relative engin volant-objet-cible et le vecteur de vitesse réelle au module de guidage LM,
- 25 - dans le module de guidage LM et à partir de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et du vecteur de vitesse réelle, déterminé ainsi qu'à partir des règles de guidage spécifiques de l'engin volant, on génère des ordres pour commander les actionneurs qui
- 30
- 35

actionnent les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant pour le guider vers l'objet-cible.

Selon un mode de réalisation de l'invention, à partir de l'image actuelle respective B1 (ligne fonctionnelle symbolique 65) et en fonction des données générées par le module de filtre F-Ges (ligne fonctionnelle symbolique 85) dans un module de détermination d'image de référence RB on déduit une image de référence spéciale et notamment améliorée par rapport au modèle de référence RM. Le modèle de référence spécial ou amélioré peut être envoyé au module de modèle de référence RM pour remplacer le modèle de référence actuel par le modèle de référence amélioré (les lignes fonctionnelles ne sont pas représentées). Le module de détermination de l'image de référence RB peut avoir une fonction pour corriger l'image actuelle respective B1 en se fondant sur l'information déterminée dans le module de filtre F-Ges de la position relative actuelle engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou d'un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant par rapport à l'objet-cible. Cette image corrigée et l'image actuelle respective B1 (ou les informations d'images associées à chaque image) sont fournies à corrélateur de texture TK (lignes fonctionnelles symboliques 86 ou 65) déterminant la relation fonctionnelle et notamment les écarts entre les informations d'images pour ces images. Cette relation fonctionnelle et notamment les écarts sont fournis au module de guidage LM (ligne fonctionnelle symbolique 95). Le module de guidage LM de ce mode de réalisation est tel qu'à l'aide de cette fonction, il détermine la relation de la différence entre les grandeurs d'état de l'engin volant et les grandeurs d'état de l'objet-cible ou il détermine plus précisément l'environnement d'un point de la trajectoire et utilise ces valeurs plus précises pour améliorer le guidage de l'engin volant. On peut notamment prévoir que les valeurs respectives plus précises sont utilisées notamment pour amplifier les ordres associés à chaque valeur d'écart. Pour cela, on peut fournir des données de navigation supplémentaires provenant du module de navigation N au module de guidage LM (ligne fonctionnelle symbolique 93).

Selon un autre développement du procédé de l'invention ou du dispositif de l'invention, on a une combinaison entre :

- une chaîne fonctionnelle d'extraction de caractéristiques et de filtrage fondée sur une détermination des données rapportées à l'engin volant à partir des caractéristiques en effectuant un procédé d'extraction de caractéristiques et une comparaison de caractéristiques encore appelé "procédé de concordance" à partir des informations d'images provenant de plusieurs images de la suite des images prises de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible prédéfini et d'un modèle de référence RM de l'objet-cible ou de l'environnement avec un procédé d'évaluation, notamment pour former des données d'état de vol de l'engin volant, et
- un mode de réalisation décrit précédemment d'un procédé de corrélation de texture T qui à partir des informations d'images d'une suite d'images prises et des informations d'images déduites du modèle de référence par les données d'état actuelles de l'engin volant, avec des corrélations de texture T1 pour déterminer les variations des textures et à partir de là appliquer un procédé d'évaluation T2 pour évaluer les données de translation rapportées à l'engin volant y compris le mouvement de l'engin volant par rapport au point de trajectoire et à la position en trois dimensions de l'engin volant.

On combine ainsi les avantages du procédé d'extraction de caractéristiques M1 et du procédé de corrélation de texture T d'une manière particulière. Le procédé d'extraction de caractéristiques M1 permet de détecter et de poursuivre un point de trajectoire pour des caractéristiques connues et qui se détectent clairement sur ce point et le procédé de corrélation de texture T permet de détecter et de poursuivre en cas d'arête non nette qui pourrait résulter des informations d'images provenant des images B1, B2, B3.

Pour les différentes images ou pour chaque image B1, B2, B3, on extrait les caractéristiques à l'aide d'un module d'extraction de caractéristiques T2-ME1, T2-ME2, TE-ME3. L'expression "procédé d'extraction de caractéristiques M1" désigne notamment un procédé selon lequel à partir des images prises, on déduit les caractéristiques telles que par exemple les coins, les arêtes ou les points marquants des images respectives B1, B2, B3 (encore appelées poursuite de caractéristiques).

Dans l'étape de concordance (Matching) T2-M1, T2-M2, T2-M3, à partir des images respectives B1, B2, B3 (lignes fonctionnelles 21, 22, 23) on compare les caractéristiques selon les informations d'images correspondant aux images B1, B2, B3 fournies par le capteur et des caractéristiques du modèle de référence précédent RM à partir de la projection de caractéristiques PF-B (ligne fonctionnelle symbolique 27). L'association entre au moins un ensemble de caractéristiques de données de référence et du modèle de référence RM en mémoire à partir de la projection de caractéristiques PF-B, permet une association avec chaque fois une caractéristique d'image de chaque image saisie B1, B2, B3.

Selon un mode de réalisation de l'invention, pour chaque image actuelle B1, on effectue une étape de concordance T2-M1 et on compare les caractéristiques selon les informations d'images pour l'image B1 fournie par le capteur respectif en comparant aux caractéristiques du modèle de référence précédent RM de la projection de caractéristiques PF-B (ligne fonctionnelle symbolique 27). L'association entre au moins un ensemble de caractéristiques de données de référence et du modèle de référence enregistré en mémoire RM par la projection de caractéristiques PF-B est associée à une caractéristique d'image de l'image actuelle saisie B1. En appliquant ensuite un procédé d'évaluation T2-S3, on détermine la variation des caractéristiques extraites des images saisies.

Le résultat du procédé de concordance T2-M1 peut être appliqué directement au module de localisation/de différence T2-S3 (ligne fonctionnelle symbolique 34). La fonction de localisation contenue dans ce module est évaluée à partir des caractéristiques mises en relation, directement à la position et éventuellement la situation de la caméra ou de l'engin volant dans l'espace. Suivant le cas d'application, on peut faciliter la localisation à l'aide de la fonction de localisation en utilisant des données filtrées déjà déterminées ou encore des données de navigation. En variante ou en plus, le module de localisation/différence T2-S3 peut avoir une fonction pour déterminer des différences qui peuvent être notamment des mesures des différences des caractéristiques mises en relation.

Les résultats peuvent être transmis à un filtre local T2-F1 (ligne fonctionnelle symbolique 44) ; cette transmission est une étape obligatoire si l'on utilise des différences ; dans ce filtre, on applique une fonction pour améliorer l'évaluation de la position et le cas échéant de la situation de la caméra ou de l'engin volant, notamment par rapport à l'objet-cible ou à l'environnement du point de trajectoire de consigne. Ces résultats sont transmis au module de filtre F-Ges pour appliquer le procédé d'évaluation décrit (ligne fonctionnelle symbolique 54). En variante ou en plus, pour former en même temps une trace (c'est-à-dire la poursuite de la position à partir des caractéristiques dans l'image pour au moins deux ou plusieurs images et pour déterminer l'évolution de la position) le cas échéant pour l'étape de concordance T2-M1, on pourra fournir des informations relatives à la qualité et à la probabilité de l'occurrence des caractéristiques.

Selon un exemple de réalisation de l'invention, dans un module de concordance/formation de trace T2-M2, on applique un procédé de concordance et notamment la comparaison entre les caractéristiques selon les informations d'images provenant de l'image actuelle B1 du capteur (fourniture selon la ligne fonctionnelle symbolique 21) en comparant avec les caractéristiques de l'image antérieure B2 (cette fourniture est représentée schématiquement par la ligne fonctionnelle 22). On associe ainsi au moins un ensemble de caractéristiques de l'image actuelle B1 respectivement saisie aux caractéristiques de l'image B2. On détermine notamment la variation des caractéristiques extraites respectivement des images saisies B1, B2 et on les fournit à un module d'évaluation T2-S2. Le module d'évaluation T2-S2 applique notamment un procédé d'évaluation T2-S2 pour évaluer le mouvement de translation de l'engin volant dans le module d'évaluation T2-S2 (la fourniture est représentée par la ligne fonctionnelle symbolique 52). Le mouvement de translation peut être fourni au module de filtre F-Ges. Le module de filtre F-Ges peut notamment avoir une fonction qui compense le mouvement de translation du module T3-S2 avec le mouvement de translation de l'engin volant évalué par le module d'évaluation T2-S2, par exemple en formant une valeur moyenne. Cela permet d'améliorer le procédé d'évaluation dans le module de filtre F-Ges.

A partir d'un module de concordance T2-M3 prévu en option, qui a une fonction pour effectuer la comparaison entre les caractéristiques selon les informations d'images de l'image B1 considérée comme actuelle par le capteur (fourniture selon la ligne fonctionnelle symbolique 21) avec les caractéristiques de l'image B3 antérieure dans le temps et notamment antérieure de plusieurs (n-k) images ou boucles d'itération, (fourniture représentée symboliquement par les lignes fonctionnelles 21 et 23), on pourra améliorer le procédé d'évaluation dans le module de filtre F-Ges. Dans le module de concordance T2-M3, on compare ainsi des images séparées d'un plus grand intervalle de temps. Le nombre "k" peut ainsi être défini en fonction de la qualité requise.

A partir de cette comparaison faite par le module de concordance T2-M3, comparaison selon laquelle on détermine notamment les différences de position d'au moins une caractéristique et notamment de plusieurs caractéristiques, on fournit ces différences à un module d'évaluation de la matrice fondamentale T2-S3 (ligne fonctionnelle symbolique 43). Le module d'évaluation à matrice fondamentale T2-S3 a une fonction qui, fondée sur l'écart de caractéristiques indiqué, donne une évaluation numérique significative de la matrice fondamentale ou de la matrice essentielle pour la caméra ou l'engin volant, c'est-à-dire la matrice qui décrit le mouvement de translation et de rotation de la caméra et notamment la géométrie épipolaire entre plusieurs images de la caméra ou de l'engin volant.

Selon un développement de l'invention, le module de filtre F-Ges reçoit l'évaluation du mouvement de translation à partir du module d'évaluation T2-S2 et la matrice fondamentale évaluée à partir du module d'évaluation de la matrice fondamentale T2-S3 par un module de filtre T2-S23 (lignes fonctionnelles symboliques 52, 53, 62). Dans le module de filtre T2-S23, on peut notamment prévoir d'améliorer par une comparaison réciproque, le mouvement de translation évalué provenant du module d'évaluation T2-S2 et la matrice fondamentale évaluée. En particulier, on fournit une matrice fondamentale améliorée au module de filtre F-Ges.

Selon des modes de réalisation de l'invention, on fusionne dans un dispositif de filtre global F-Ges les données de navigation d'une

chaîne fonctionnelle de branche de corrélation de texture et/ou d'une chaîne fonctionnelle de filtrage d'extraction de caractéristiques. Le dispositif de filtre global F-Ges peut être conçu pour évaluer la position de l'engin volant par rapport à la cible avec d'autres états en option pour la situation de l'engin volant et les erreurs géographiques du modèle de référence. L'évaluation de la position de l'engin volant ou de la situation de l'engin volant, est synonyme d'évaluation du défaut de navigation associé. Dans le cas de points de trajectoire ou de destinations qui se déplacent, les fonctions selon l'invention et le dispositif de filtre global F, permettent d'évaluer également le mouvement de la cible. Si l'on dispose de suffisamment d'informations, le dispositif de filtre global F-Ges fournira des résultats fiables qui peuvent servir directement pour le décollage ou l'arrivée aux points de trajectoire respectifs.

Si à cause d'un modèle de référence imprécis ou de mauvais contraste, après une indication réussie par un pilote à bord de l'engin volant ou qui le télécommande, cela devait se traduire par des concordances insuffisantes avec le modèle de référence, l'algorithme du vol d'approche sera alimenté avec les résultats d'une chaîne de fonctions de filtrage de corrélation de texture à deux dimensions qui certes seules ne peuvent fournir une mesure en général complète de la position de l'engin volant par rapport à la cible, car il manque l'information de distance ou celle-ci est trop imprécise, mais au moins les vitesses de rotation-ligne de visée de l'engin volant, seront transmises à l'algorithme du vol d'approche. Ces informations suffisent pour des règles de guidage simples, comme par exemple le guidage PN qui garantit un vol d'approche ou un survol précis ou encore l'arrivée précise à un point de trajectoire.

Le cas échéant, le dispositif selon l'invention avec la chaîne de fonction de filtrage de corrélation de texture et la chaîne de fonction de filtrage d'extraction de caractéristiques permet d'obtenir d'autres informations de navigation à partir des données d'image traitées : à la fois à partir du déplacement des caractéristiques dans l'image et aussi de la variation de l'image, on pourra recueillir en option des informations de navigation qui vont à l'encontre d'une détérioration de la navigation au cours du vol vers la cible.

Le module de guidage LM ou l'unité de commande, peuvent selon un mode de réalisation de l'invention, se trouver à l'extérieur de l'engin volant ou avion dans un cockpit externe si les données fournies au module de guidage LM sont transmises par radio au module de guidage. Le module de guidage pourra être implémenté par une plate-
5 forme de communication externe à l'engin volant. La plate-forme de communication peut être un autre engin volant ou avion ou une station au sol ou une station satellite ou un composant fonctionnel de tels moyens dans lesquels est implémenté un tel module de guidage et qui
10 est en communication avec le système de guidage de vol selon l'invention ou avec un module de commande d'actionneur intégré fonctionnellement dans celui-ci par une liaison de communication. Le module de guidage est de façon générale un module qui, à partir de la position et de la situation, notamment par rapport à la cible, calcule les ordres actuels pour les actionneurs tels que des ordres de réglage des ailerons
15 et/ou les ordres d'accélération de l'engin volant pour commander les accélérations de consigne et/ou les vitesses de rotation de consigne de l'engin volant sur le fondement du procédé selon l'invention pour guider l'engin volant vers la cible. Les ordres d'actionnement des ailerons peuvent se déterminer notamment par un régulateur d'état de vol, par
20 exemple par le débattement de consigne des ailerons de l'engin volant. La plate-forme de communication respective transmet les accélérations de consigne et/ou les vitesses de rotation de consigne déterminées par le module de guidage respectif et/ou les débattements de consigne des ailerons de l'engin volant déduites en particulier de ces informations par
25 un régulateur d'état de vol pour être transmises au système de guidage de vol selon l'invention ou à un module de commande d'actionneur intégré fonctionnellement dans l'engin volant pour guider l'engin volant vers la cible respective. Ce mode de réalisation de l'invention est particulièrement avantageux car il permet de préciser la cible à posteriori. La plate-forme de communication s'appuyant sur les informations qu'elle
30 détermine d'elle-même telles que les images du capteur grâce au capteur propre et/ou à la transmission d'informations de cible correspondantes provenant d'autres plates-formes de communication telles que des images de capteur transmises telles que les images de la cible res-
35

pective et notamment d'une cible mobile, spécifier la cible qui initialement n'est connue que de manière grossière.

5 En variante ou en plus, on peut également commander un capteur, notamment un capteur optique pour déterminer des images de capteur d'une telle plate-forme de communication. La plate-forme de communication peut transmettre une ou plusieurs informations ci-dessus et à partir de ces données, déterminer des positions de consigne et notamment des situations de consigne du capteur respectif par rapport à l'axe longitudinal de l'engin volant et d'envoyer cet ordre ou/et
10 ces ordres au capteur respectif pour le déplacer et/ou le régler par le système de guidage de l'engin volant. En outre, on peut prévoir que les ordres soient transmis au capteur respectif en fonction de la situation de vol et/ou de la position de l'engin volant par rapport à la cible. Le capteur peut être mis dans une position et/ou dans un réglage pour lequel l'engin volant ou son système de guidage de vol reçoit des informations
15 meilleures que les informations dont il disposait jusqu'alors ou qu'il complète pour les images de capteur nécessaires au procédé de l'invention concernant la cible pour appliquer le procédé de l'invention.

20

25

REVENDEICATIONS

1°) Procédé de guidage de vol d'un avion pour le guider vers un objet-cible prédéfini par des informations d'images et notamment un objet au sol et/ou l'environnement d'un point-cible prédéfini au sol, procédé
5 comprenant les étapes suivantes consistant à :

- effectuer une projection de modèle (PM-B) d'un modèle de référence prédéfini de l'objet-cible ou d'une partie de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible prédéfini consistant à partir de la direction de visée actuelle de l'engin volant, de faire une projection
10 du modèle de référence ou d'une partie de celui-ci sur un plan image qui correspond à l'écart autorisé près, au plan image sur lequel se fonde la saisie de l'objet-cible ou de l'environnement par le capteur d'image de l'engin volant, les informations relatives à la direction de visée actuelle de l'engin volant étant obtenues à partir d'un module
15 de navigation ou d'un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation provenant d'une itération antérieure du procédé de guidage de vol,

- effectuer une corrélation de texture (T3-TK1) et à partir de la position relative actuelle évaluée engin volant-objet-cible, à partir des
20 informations d'images de l'image actuelle ou quasi-actuelle (B1) d'une suite d'images prises (B1, B2, B3) de l'objet-cible ou de son environnement et à partir des informations de projection résultant de la projection de modèle (PM-B),

- effectuer une corrélation de texture (T3-TK2) avec des informations d'images d'une image actuelle et des informations d'images d'une image (B2) antérieure à l'image actuelle respectivement (B1), chaque fois à partir de la suite chronologique d'images prises (B1, B2, B3) et pour déterminer une direction de mouvement réel, évaluée et d'une
30 vitesse réelle de l'engin volant,

- à partir de la direction de mouvement réelle, évaluée et de la vitesse réelle de l'engin volant et à partir des informations relative à la position actuelle de l'engin volant, effectuer un procédé d'évaluation (F-Ges) pour évaluer une information de la position relative actuelle
35 engin volant-objet-cible pour l'engin volant par rapport à la position

de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, et transmettre la position relative engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle à un module de guidage (LM),

- 5 - dans le module de guidage (LM), à partir de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et du vecteur de vitesse réelle déterminé, générer des ordres pour les actionneurs commandant les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant pour guider l'engin volant vers l'objet-cible.

10

2°) Procédé de guidage de vol selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'objet-cible est un objet au sol et/ou un environnement d'un point-cible prédéfini au sol.

15

3°) Procédé de guidage de vol selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour exécuter le procédé d'évaluation (F-Ges), on transmet l'information de la position actuelle de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible par une plate-forme de communication.

20

4°) Procédé de guidage de vol selon la revendication 1, caractérisé en ce que

le procédé comporte en plus les étapes consistant à :

25

- exécuter une projection de caractéristiques (PF-B) d'au moins une caractéristique du modèle de référence prédéfini (RM) tenant compte de la direction de visée actuelle de l'engin volant en effectuant une projection de la caractéristique du modèle de référence sur un plan image qui correspond à un écart autorisé près au plan image sur lequel est fondée la saisie de l'objet-cible par un capteur d'image de l'engin volant, les informations relatives à la direction de visée actuelle de l'engin volant provenant d'un module de navigation ou d'un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé

30

d'évaluation provenant d'une itération antérieure du procédé de guidage de vol,

- effectuer une extraction de caractéristiques (T2-ME1) pour extraire des informations d'images de l'image actuelle donnée (B1), qui correspondent aux caractéristiques de l'image donnée et identifier les caractéristiques correspondantes de l'image actuelle donnée (B1) et du modèle de référence dans la projection de caractéristiques (PF-B) et déterminer les différences (T2-S3) entre les caractéristiques comparées,
- à partir des différences (T2-S3) entre les caractéristiques données comparées, déterminer (T2-S1) une position et/ou une situation de l'engin volant dans l'espace,
- avec la position et/ou de la situation déterminées de l'engin volant dans l'espace, effectuer un procédé d'évaluation (F-Ges) pour évaluer une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, et transmettre la position relative engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle au module de guidage (LM).

20

5°) Procédé de guidage de vol d'un engin volant pour le guider vers un objet-cible prédéfini par des informations d'images et notamment vers un objet au sol et/ou un environnement d'un point-cible prédéfini au sol, procédé comprenant les étapes suivantes consistant à :

- exécuter une projection de caractéristiques (PF-B) d'au moins une caractéristique du modèle de référence prédéfini (RM) consistant à générer une projection de la caractéristique du modèle de référence sur un plan image à partir de la direction de visée actuelle de l'engin volant et qui correspond à un écart acceptable près, au plan image sur lequel est fondée la saisie de l'objet-cible par un capteur d'image de l'engin volant, les informations de la direction de visée actuelle de l'engin volant étant fournies par un module de navigation ou un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation à partir d'une itération antérieure exécutée par le procédé de guidage de vol,

35

- effectuer une extraction de caractéristiques (T2-ME1) pour extraire des informations d'images d'une image actuelle donnée (B1), qui correspondent aux caractéristiques de l'image donnée et identifier des caractéristiques correspondantes de l'image actuelle donnée (B1) et du modèle de référence dans la projection de caractéristiques (PF-B) et déterminer les différences (T2-S3) entre les caractéristiques données comparées,
- à partir des différences (T2-S3) entre les caractéristiques comparées respectives, déterminer (T2-S1) une position et/ou une situation de l'engin volant dans l'espace,
- avec la position et/ou de la situation déterminées de l'engin volant dans l'espace, effectuer un procédé d'évaluation (F-Ges) pour évaluer une information de la position relative actuelle engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant, et transmettre la position relative engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle à un module de guidage (LM),
- dans le module de guidage (LM), à partir de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et du vecteur de vitesse réelle, déterminer, générer des ordres pour les actionneurs commandant les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant pour guider l'engin volant vers l'objet-cible.

6°) Système de guidage de vol d'un engin volant pour guider celui-ci vers un objet-cible prédéfini par des informations d'images et notamment vers un objet au sol et/ou un environnement d'un point-cible prédéfini au sol, comprenant :

- un module de capteur d'image pour générer une suite chronologique d'images (T2-B1, T2-B2, T2-B3) de l'objet-cible ou des informations d'images correspondantes,
- un module de modèle de référence (RM) dans lequel est enregistré un modèle de référence tridimensionnel de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible,
- un module de projection de modèle (PM-B) avec une fonction qui avec la direction de visée actuelle de l'engin volant sur l'objet-cible,

génère des informations de projection pour la projection du modèle de référence ou des parties de celui-ci sur un plan image qui correspond à un écart acceptable près, au plan image sur lequel se fonde la saisie de l'objet-cible par le capteur d'image de l'engin volant,

5

- un premier module de corrélation de texture et de localisation (T3-TK1, T3-TS1) qui est en relation fonctionnelle avec le module de projection de modèle (PM-B) pour recevoir les informations de projection et avec le module de capteur d'image pour recevoir les informations d'images actuelles d'une image actuelle donnée de l'objet-cible et qui a une fonction pour déterminer une corrélation (T3-TK1) entre les informations de projection et les informations d'images actuelles d'une image actuelle donnée de l'objet-cible et une fonction (T3-S1) qui en fonction de ces informations, détermine une position relative actuelle évaluée engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible,

10

15

- un second module de corrélation de texture et de localisation (T3-TK2, T3-S2) qui est en relation fonctionnelle avec le module de capteur d'image pour recevoir de celui-ci les images saisies (B1, B2, B3) et qui a une fonction pour déterminer une corrélation de texture (T3-TK2) entre les informations d'images d'une image actuelle (B1) et des informations d'images d'une image (B2) antérieure à l'image actuelle donnée (B3) et une fonction (T3-S2) pour déterminer une direction de mouvement réelle, évaluée et la vitesse réelle de l'engin volant, à partir de la corrélation de texture (T3-TK2) déterminée,

20

25

- un module de filtre (F-Ges) relié fonctionnellement avec le premier et le second module de corrélation de texture et de localisation (T3-TK1, T3-S1, T3-TK2, T3-S2) pour recevoir la position relative actuelle évaluée engin volant-objet-cible et la direction de mouvement réelle évaluée et la vitesse réelle de l'engin volant et un module de navigation (N) pour recevoir des informations de position de l'engin volant, ce module de filtre ayant une fonction pour évaluer une information de la position relative actuelle de l'engin volant-objet-cible de l'engin volant par rapport à la position de l'objet-cible et/ou

30

un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant chaque fois en se fondant sur les données reçues,

- un module de guidage (LM) ayant une fonction pour générer des ordres destinés aux actionneurs commandant les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant à partir d'une loi de guidage spécifique à l'engin volant et de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et du vecteur de vitesse réelle, déterminé, pour guider l'engin volant vers l'objet-cible.

7°) Système de guidage de vol selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte :

une liaison fonctionnelle du module de navigation ou d'un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat de l'évaluation à partir d'une itération antérieure du procédé de guidage de vol, relié fonctionnellement au module de projection de modèle (PM-B) de façon que celui-ci à partir des informations relatives à la direction de visée actuelle de l'engin volant, puisse générer une projection du modèle de référence ou d'une partie de celui-ci sur un plan image.

8°) Système de guidage de vol d'un engin volant pour le guider vers un objet-cible prédéfini par des informations d'images et notamment un objet au sol et/ou un environnement d'un point-cible prédéfini au sol, comprenant :

- un module de capteur d'image pour générer une suite chronologique d'images (T2-B1, T2-B2, T2-B3) de l'objet-cible ou des informations d'images correspondantes,
- un module de modèle de référence (RM) dans lequel est enregistré un modèle de référence tridimensionnel de l'objet-cible ou de l'environnement du point-cible,
- un module de projection de caractéristiques (PM-B) relié fonctionnellement au module de modèle de référence (RM) et dans lequel à partir de la direction de visée actuelle de l'engin volant, on génère une projection de la caractéristique du modèle de référence sur un plan image qui correspond à un écart acceptable près au plan

image sur lequel est fondée la saisie de l'objet-cible par un capteur d'image de l'engin volant, les informations de la direction de visée actuelle de l'engin volant provenant d'un module de navigation ou d'un module d'interface du système de guidage de vol ou d'un module de filtre, notamment comme résultat d'un procédé d'évaluation à partir d'une itération antérieure appliquée par le procédé de guidage de vol,

- au moins un module d'extraction de caractéristiques (T2-ME1) pour extraire des informations d'image d'une image actuelle donnée (B1), qui correspondent aux caractéristiques de l'image donnée et pour identifier des caractéristiques correspondantes de l'image actuelle donnée (B1) et du modèle de référence dans la projection des caractéristiques (PF-B) ainsi que déterminer les différences (T2-S3) entre les caractéristiques respectives comparées,
- un module pour déterminer (T2-F1) une position et/ou une situation de l'engin volant dans l'espace à partir des différences (T2-S2) entre les caractéristiques données comparées,
- un module pour effectuer un procédé d'évaluation (F-Ges) pour évaluer une information de la position relative actuel engin volant-objet-cible de l'engin volant, par rapport à la position de l'objet-cible et/ou une direction de mouvement et/ou un vecteur de vitesse réelle de l'engin volant et pour transmettre la position relative engin volant-objet-cible et/ou le vecteur de vitesse réelle au module de guidage (LM), l'évaluation se faisant à partir de la position déterminée et/ou la situation de l'engin volant dans l'espace,
- un module de guidage (LM) ayant une fonction pour générer des ordres destinés aux actionneurs commandant les moyens de guidage aérodynamiques de l'engin volant selon les règles de guidage spécifiques à l'engin volant et de la position relative déterminée engin volant-objet-cible et du vecteur de vitesse réelle, déterminé, pour guider l'engin volant vers l'objet-cible.

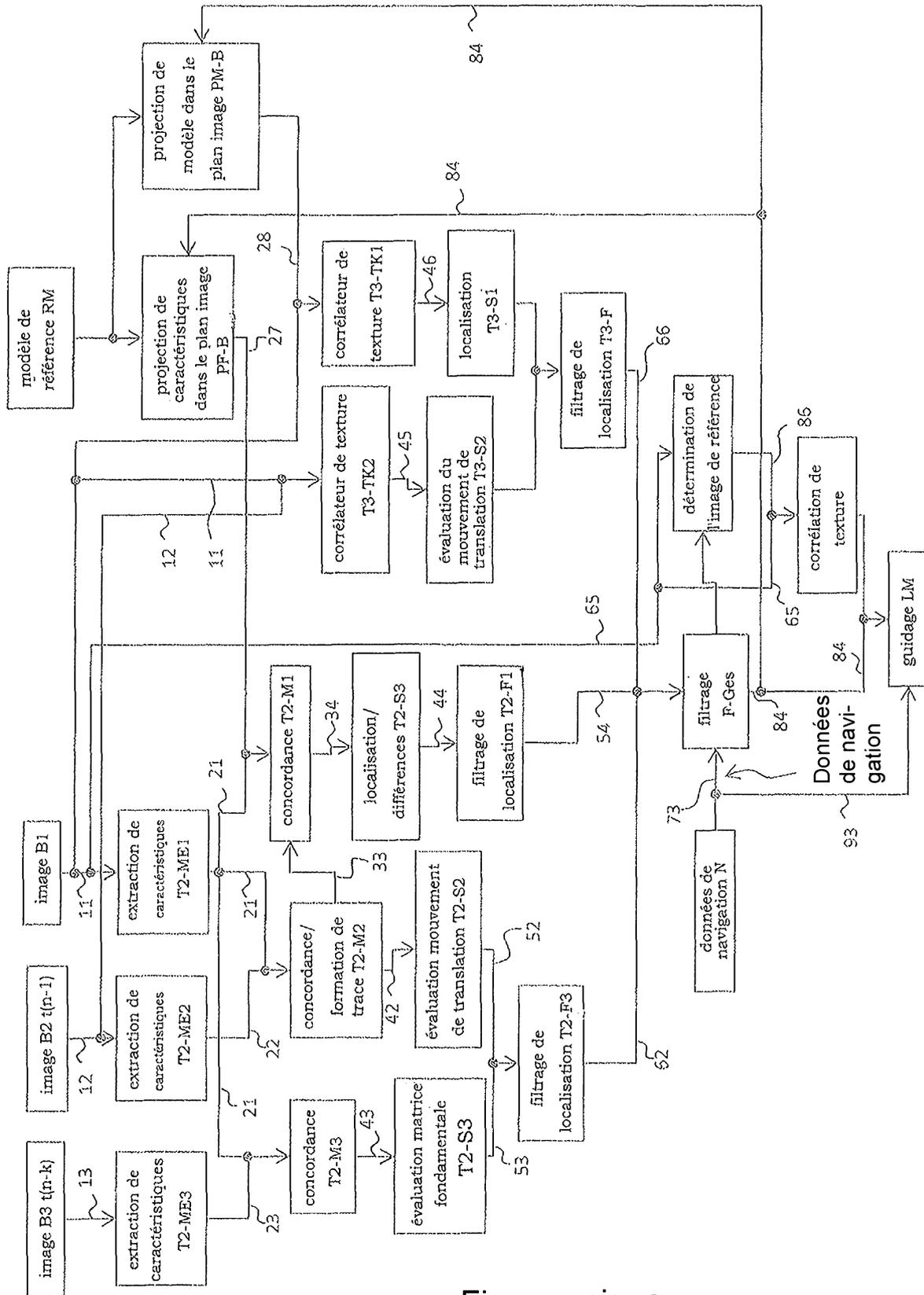


Figure unique

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

EP 0946851 B1 (RAYTHEON CO [US])
15 septembre 2004 (2004-09-15)

EP 2060873 A2 (LFK GMBH [DE])
20 mai 2009 (2009-05-20)

FR 2736149 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE])
03 janvier 1997 (1997-01-03)

US 5052045 A (PEREGRIM THEODORE J [US] ET AL.)
24 septembre 1991 (1991-09-24)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT