

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
19 décembre 2024 (19.12.2024)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2024/256497 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G05D 1/222 (2024.01) G05D 1/689 (2024.01)
B64C 39/02 (2023.01) G05D 105/35 (2024.01)
G06T 7/70 (2017.01) G05D 107/30 (2024.01)
G06V 20/10 (2022.01) G05D 109/25 (2024.01)
F41G 3/14 (2006.01)

(71) Déposant : **SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE**
[FR/FR] ; 2 boulevard du Général Martial Valin, 75015
PARIS (FR).

(72) Inventeurs : **SAMSON, Germain** ; SAFRAN, c/o Centre
d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-Point René Ra-
vaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **DU-**
MORTIER, Yann ; SAFRAN, c/o Centre d'Excellence
Propriété Intellectuelle, Rond-Point René Ravaud, Réau,
77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2024/066287

(22) Date de dépôt international :

12 juin 2024 (12.06.2024)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

FR2306102 15 juin 2023 (15.06.2023) FR

(74) Mandataire : **CABINET BOETTCHER** ; 5 rue de
Vienne, 75008 PARIS (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A DRONE FROM PRE-RECORDED IMAGES OF A TARGET

(54) Titre : PROCEDE DE COMMANDE D'UN DRONE A PARTIR D'IMAGES PREENREGISTREES D'UNE CIBLE

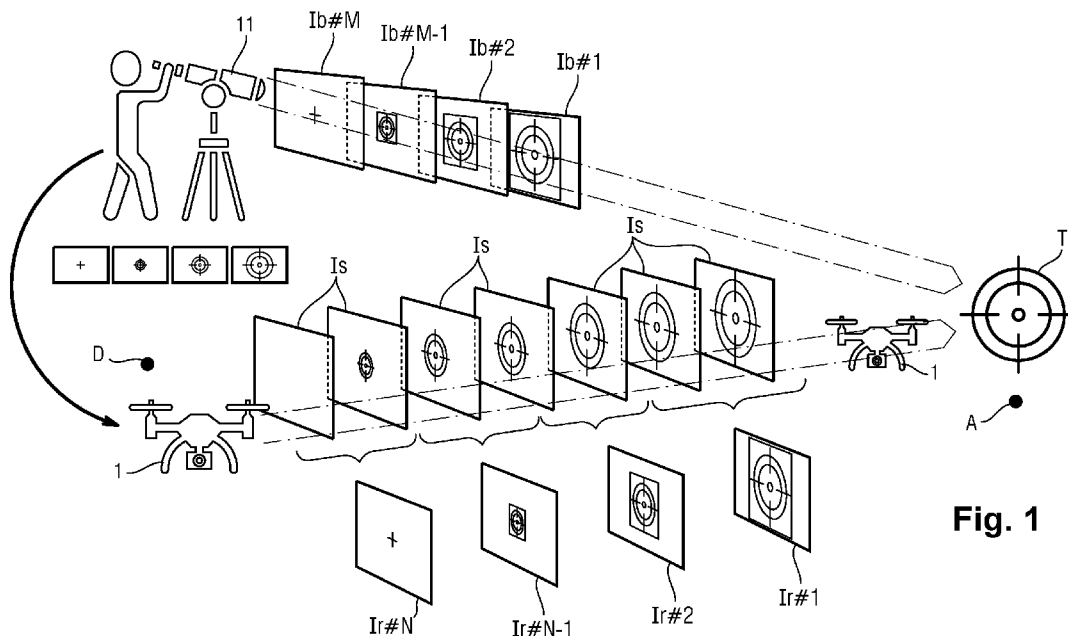


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling an autonomous vehicle (1) comprising at least an electronic control unit (2) and a first optronic device (5) connected to the electronic control unit in order to control the vehicle according to the position of a target (T) in first images provided by the optronic device. The method comprises the steps of: capturing at least one second image (Ib) of the target by means of a second optronic device (15) which is separated from the vehicle and which has a higher capture performance than a capture performance of the first optronic device; from the at least one second image, forming reference images (Ir) of the target at different distances and loading the reference images into the memory of the electronic control unit; and having the electronic control unit search for the reference images in the first images in order to steer the vehicle.

[Suite sur la page suivante]

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

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

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(57) Abrégé : Procédé de commande d'un véhicule autonome (1) comportant au moins une unité électronique de commande (2) et un premier dispositif optronique (5) relié à l'unité électronique de commande pour asservir le véhicule en fonction de la position d'une cible (T) dans des premières images fournies par le dispositif optronique. Le procédé comprend les étapes de : capturer au moins une deuxième image (Ib) de la cible avec un deuxième dispositif optronique (15) qui est séparé du véhicule et qui a une performance de capture supérieure à une performance de capture du premier dispositif optronique; à partir de ladite au moins une deuxième image, former des images de référence (Ir) de la cible à différents rapprochements et charger les images de référence en mémoire de l'unité électronique de commande; faire rechercher par l'unité électronique de commande les images de référence dans les premières images pour diriger le véhicule.

**PROCEDE DE COMMANDE D'UN DRONE A PARTIR D'IMAGES
PREENREGISTREES D'UNE CIBLE**

La présente invention concerne le domaine des véhicules au moins en partie autonomes, notamment pour la navigation. Ces véhicules seront appelés drones dans la suite de la description.

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

Un drone est un véhicule aérien, spatial, nautique, terrestre ou amphibie qui comprend généralement une motorisation pour déplacer le drone sur une trajectoire, au moins un organe de guidage pour modifier la trajectoire du drone, des capteurs embarqués et une unité électronique de commande exécutant un programme de pilotage correspondant à une mission que le drone doit accomplir. La mission comprend toujours le déplacement du drone d'un point de départ vers une cible ou point d'arrivée et par exemple le transport de passager(s) ou de marchandise(s), la surveillance par collecte d'informations tels que des images ou des signaux électromagnétiques, le brouillage de signaux électromagnétiques, le tir d'une munition (la munition pouvant être constituée par le drone lui-même)...

L'unité de commande est reliée à l'organe de guidage et aux capteurs embarqués, ainsi qu'éventuellement à la motorisation, et le programme est agencé pour piloter l'organe de guidage et la motorisation en fonction des informations fournies par les capteurs embarqués.

Les capteurs embarqués sur les drones les plus complexes (et les plus coûteux) comprennent des capteurs de positionnement (par exemple une centrale inertielle et/ou un récepteur de signaux de positionnement par satellite ou GNSS) et des capteurs environnementaux permettant à l'unité électronique de commande de percevoir son environnement, comme un capteur optronique de capture d'image, un radar, un lidar, un sonar...

En revanche, les drones les moins onéreux n'embarquent qu'un nombre limité de capteurs et plus généralement un unique dispositif optronique de capture d'image. Lorsque le drone n'est pas purement et simplement télécommandé à partir des images envoyées à une station déportée de pilotage (on parle alors de téléguidage), le dispositif optronique de capture d'image est agencé pour fournir des images à l'unité électronique de commande qui est, elle, programmée pour rechercher une cible dans les images fournies et pour commander l'organe de guidage en fonction de la position de la cible dans lesdites images fournies (on parle généralement d'autoguidage par suivi de cible ou « tracking »). L'unité électronique de commande exécute à cette fin un programme informatique de traitement d'image exploitant les images fournies par le dispositif optronique de capture d'image. Ceci suppose que le dispositif optronique de capture d'image ait des performances de capture telles qu'il fournisse des images ayant un rapport résolution/taille de cible suffisant pour que le programme de traitement d'image puisse détecter la cible dans les images. Ceci dépend aussi de la distance entre le drone et la cible.

OBJET DE L'INVENTION

L'invention a notamment pour but de commander par autoguidage un drone pourvu d'un dispositif de capture d'image ayant des performances limitées.

RESUME DE L'INVENTION

A cet effet, on prévoit, selon l'invention un procédé de commande d'un véhicule autonome comportant au moins une unité électronique de commande et un premier dispositif optronique relié à l'unité électronique de commande et agencé pour fournir des premières images à l'unité électronique de commande qui est programmée pour rechercher une cible dans les premières images et diriger le véhicule en fonction de la position de la cible dans les premières

images. Le procédé comprend les étapes de :

- capturer au moins une deuxième image de la cible avec un deuxième dispositif optronique qui est séparé du véhicule et qui a une performance de génération d'image supérieure à une performance de génération d'image du premier dispositif optronique ;
- à partir de ladite au moins une deuxième image, former des images de référence de la cible à différents rapprochements et charger les images de référence en mémoire de l'unité électronique de commande ;
- faire rechercher par l'unité électronique de commande les images de référence dans les premières images pour diriger le véhicule.

Ainsi, le procédé de l'invention est mis en œuvre au moyen de deux dispositifs optroniques de génération d'images, à savoir un premier dispositif optronique embarqué sur le véhicule et un deuxième dispositif optronique qui n'est pas embarqué sur le véhicule. Le deuxième dispositif optronique est par exemple une lunette, des jumelles, un viseur... et la performance de génération d'image du deuxième dispositif optronique est supérieure à celle du premier dispositif optronique. La meilleure performance de génération d'image du deuxième dispositif optronique concerne la capture elle-même de l'image et/ou un traitement ultérieur et peut par exemple résulter de la présence dans le deuxième dispositif optronique : d'un dispositif de réglage de la distance focale, et/ou d'un capteur de résolution supérieure, et/ou d'une unité de calcul suffisamment puissante pour mettre en œuvre un traitement de super-résolution. La commande du véhicule est réalisée en exploitant les performances du deuxième dispositif optronique (le plus performant) pour former des images de référence qui puissent être exploitées par l'unité de commande du véhicule en combinaison avec les images fournies par le premier

dispositif optronique (le moins performant). Il n'est donc pas nécessaire d'embarquer sur le véhicule un dispositif optronique de capture d'image très performant et donc onéreux. Par ailleurs, il convient de noter que le procédé
5 fonctionne même si la cible n'est pas visible dans les images de référence correspondant aux rapprochements les plus faibles (en effet, la taille de la cible peut être inférieure à un pixel dans lesdites images qui montre en réalité l'environnement de la cible) : l'unité électro-
10 nique de commande du véhicule recherche les images de référence dans les premières images que la cible soit détectable ou pas dans les images de référence.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit d'un mode
15 de réalisation particulier et non limitatif de l'invention.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Il sera fait référence aux dessins annexés, parmi lesquels :

[Fig. 1] la figure 1 est une représentation schématique illustrant le principe du procédé selon l'invention ;
20

[Fig. 2] la figure 2 est une vue schématique d'un drone utilisable pour la mise en œuvre de l'invention ;

[Fig. 3] la figure 3 est une vue schématique d'un dispositif optronique déporté de capture d'image utilisable pour
25 la mise en œuvre de l'invention ;

[Fig. 4] la figure 4 est une représentation schématique illustrant une mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

[Fig. 5a] la figure 5a est une représentation d'une première image de référence pour la mise en œuvre de l'inven-
30 tion ;

[Fig. 5b] la figure 5b est une représentation d'une deuxième image de référence pour la mise en œuvre de l'inven-
tion ;

[Fig. 5c] la figure 5c est une représentation d'une troisième image de référence pour la mise en œuvre de l'invention ;

5 [Fig. 5d] la figure 5d est une représentation d'une quatrième image de référence pour la mise en œuvre de l'invention ;

[Fig. 6] la figure 6 est un logigramme illustrant la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

10 [Fig. 7] la figure 7 est une représentation schématique illustrant un des processus possibles d'élaboration d'images de référence.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

En référence à la figure 1, l'invention est ici décrite en relation avec un drone 1, ici aérien, et une station déportée 11.

15 En référence également à la figure 2, le drone 1 comprend une unité de commande 2 reliée à : une mémoire 3, un émetteur/récepteur 4, un premier dispositif optronique 5 de capture d'image, une motorisation 6 et un organe directeur 7 (ou organe de guidage).

20 L'unité de commande 2 est une unité électronique comprenant par exemple un ou plusieurs processeurs et la mémoire 3 contient un programme d'exploitation (couramment appelé OS) et un ou plusieurs programmes informatiques comprenant des instructions agencées pour mettre en œuvre le procédé de l'invention. L'unité de commande 2 est par exemple réalisée sous la forme d'un ou plusieurs circuits intégrés, d'un FPGA ou autre. L'unité de commande 2 est alimentée par un réseau électrique de bord comprenant au moins une
30 batterie. La mémoire 3 est accessible par l'unité de commande 2 qui est agencée pour exécuter les programmes contenus dans la mémoire 3.

L'émetteur/récepteur 4 est un émetteur/récepteur radioélectrique qui est agencé pour communiquer via un canal de communication avec la station déportée 11 et qui incorpore de préférence une unité électronique de chiffrement et déchiffrement des données transmises. Le canal de communication peut être un canal de communication directe, un canal de communication satellitaire passant par un satellite de communication ou tout autre canal de communication (par exemple relayé par un aéronef, un véhicule ou une station terrestre, un véhicule ou une station maritime...). L'émetteur/récepteur 4 n'est pas ici destiné à être utilisé pendant le vol du drone 1 mais uniquement pour transférer des données avant le vol. En variante, il est donc possible d'établir une liaison filaire entre l'unité de commande 2 et la station déportée 11 pour permettre un échange de données.

Le dispositif optronique 5 comprend de manière classique un capteur qui fonctionne dans les domaines visible et infrarouge et qui est orienté pour capturer des images Is de l'environnement à l'avant du drone 1.

L'unité de commande 2 est reliée à d'autres capteurs et notamment ici :

- des capteurs d'état des différents composants/équipements du drone 1 ;
- une centrale inertielle comprenant de façon connue en elle-même des accéléromètres pour détecter une force spécifique le long des axes d'un repère de mesure et des capteurs angulaires de l'orientation du repère de mesure par rapport à un repère de référence.

La motorisation 6 est agencée pour propulser le drone selon

une trajectoire aérienne et comprend ici des moteurs électriques entraînant des hélices (à titre d'exemple, le drone 1 est ici de type quadricoptère).

5 L'organe directeur 7 comprend ici un dispositif électronique permettant de commander la vitesse de rotation des moteurs électriques entraînant des hélices indépendamment les uns des autres pour modifier la trajectoire du drone 1.

10 L'unité de commande 2 est programmée, de manière connue en elle-même, pour commander la motorisation 6 et l'organe directeur 7 le long d'une trajectoire aérienne en maintenant le drone 1 dans une attitude appropriée en utilisant les données issues de la centrale inertielle.

15 L'unité de commande 2 est également programmée, de manière connue en elle-même, pour accomplir une mission consistant par exemple à emmener le drone d'un point de départ D à un point d'arrivée A et de tirer une munition sur une cible T située au point d'arrivée A.

20 L'unité de commande 2 est ici programmée pour mettre en œuvre un procédé d'autoguidage consistant à rechercher une cible dans des images I_s fournies en continu par le dispositif optronique 5 et pour commander l'organe directeur 6 en fonction de la position de la cible T dans les images I_s . La cible est recherchée à partir d'images de référence I_r qui sont enregistrées dans la mémoire 3.

Les images de référence I_r sont obtenues à partir d'images de base I_b fournies par la station déportée 11.

30 En référence à la figure 3, la station déportée 11 comprend une unité de commande 2 reliée à : une mémoire 13, un émetteur/récepteur 14 et un dispositif optronique 15 de capture d'image.

L'unité de commande 12 est une unité électronique comprenant par exemple un ou plusieurs processeurs et la mémoire 13 contient un programme d'exploitation (couramment appelé OS) et un ou plusieurs programmes informatiques comprenant des instructions agencées pour mettre en œuvre le procédé de l'invention. L'unité de commande 12 est par exemple réalisée sous la forme d'un ou plusieurs circuits intégrés, d'un FPGA ou autre. La mémoire 13 est accessible par l'unité de commande 12 qui est agencée pour exécuter les programmes contenus dans la mémoire 13.

L'émetteur/récepteur 14 est un émetteur/récepteur radioélectrique qui est agencé pour communiquer via un canal de communication avec le drone 1 et qui incorpore de préférence une unité électronique de chiffrement et déchiffrement des données transmises. Le canal de communication peut être un canal de communication directe, un canal de communication satellitaire passant par un satellite de communication ou tout autre canal de communication (par exemple relayé par un aéronef, un véhicule ou une station terrestre, un véhicule ou une station maritime...). En variante, il est possible d'établir une liaison filaire entre les unités de commande 2 et 12 pour permettre un échange de données.

Le dispositif optronique 15 est ici une jumelle et comprend de manière classique un capteur qui fonctionne dans les domaines visible et infrarouge et a des performances de génération d'image supérieure à celles du dispositif optronique 5. En particulier, le dispositif optronique 15 comprend une optique à distance focale réglable (zoom optique) alors que le dispositif optronique 5 a une focale

fixe et le capteur du dispositif optronique 15 a une résolution maximale supérieure à une résolution maximale du capteur du dispositif optronique 5.

Lors d'une phase préliminaire de préparation de mission, 5
préalable à l'exécution de la mission par le drone 1, un opérateur capture les images de base Ib au moyen du dispositif de prise de vue 15 de la station déportée 11 et l'unité de commande 12 élabore les images de référence Ir à partir des images de base Ib (voir en particulier les 10
figures 1 et 4).

Trois processus d'élaboration des images de référence Ir, éventuellement combinables, sont ici envisagés.

Dans le premier processus, l'opérateur pointe le dispositif optronique 15 sur la cible T et capture une image de base 15
Ib à grande résolution de la cible T en utilisant une petite distance focale de manière à avoir un grand angle de prise de vue. Cette image de base Ib est enregistrée dans la mémoire 13 et l'unité de commande 12 va élaborer une succession de n images de référence Ir en effectuant 20
pour chacune de celles-ci un sous-échantillonnage et un redimensionnement de l'image de base Ib. Ainsi, dans le premier processus d'élaboration des images de référence Ir, une seule image de base Ib donne naissance à plusieurs images de référence Ir.

25 Dans le deuxième processus, l'opérateur pointe le dispositif optronique 15 sur la cible T et capture un nombre de m images de base Ib en réglant à chaque fois l'optique du dispositif optronique 15 sur une distance focale différente. Par exemple, l'opérateur capture une première image 30
de base Ib#1 avec une grande distance focale (de manière que la cible T semble sur l'image de base Ib#1 proche du

dispositif optronique 15), puis une image de base Ib#2 avec une distance focale un peu plus petite (de manière que la cible T semble sur l'image de base Ib#2 un peu plus éloignée du dispositif optronique 15 que dans l'image de base Ib#1),

5 puis une image de base Ib#3 avec une distance focale encore un peu plus petite (de manière que la cible T semble sur l'image de base Ib#3 un peu plus éloignée du dispositif optronique 15 que dans l'image de base Ib#2) et ainsi de suite jusqu'à la dernière image de base Ib#M capturée avec

10 la distance focale la plus courte. Les m images de base Ib sont enregistrées dans la mémoire 13 et l'unité de commande 12 va, après traitement ou pas, élaborer n images de référence Ir (m étant égal à n dans le cas présent mais ce n'est pas obligatoire) en faisant de chacune des images de

15 base Ib une image de référence Ir. Le nombre d'images de référence Ir nécessaires dépend de la distance séparant le drone 1 et la cible T et de la performance de capture (en particulier la résolution maximale) du dispositif optronique 5. Dans la mise en œuvre la plus basique du deuxième

20 processus, chaque image de base Ib donne naissance à une seule image de référence Ir. Néanmoins, il est envisageable de réaliser, sur une ou plusieurs des images de base Ib, un traitement permettant d'obtenir plusieurs images de référence Ir pour une seule image de base Ib.

25 Dans le troisième processus illustré plus particulièrement sur la figure 7, l'opérateur pointe le dispositif optronique 15 sur la cible T et capture k images de base Ib de la cible T de telle manière que les images de base Ib soient partiellement superposables. Ces images de base Ib

30 sont enregistrées dans la mémoire 13 et l'unité de commande 12 va effectuer sur ces images un traitement de super-

résolution pour obtenir une image de référence Ir#1. Ainsi, dans le troisième processus d'élaboration des images de référence Ir, une ou plusieurs images de base Ib donnent naissance à une ou plusieurs images de référence Ir.

5 Dans le mode de réalisation décrit, à titre d'exemple illustratif, les deux premiers processus sont combinés (voir la figure 4) en utilisant les images de base Ib#1, Ib#2, ... Ib#M capturées conformément au deuxième processus : l'image de base Ib#1 seule est utilisée pour élaborer
10 l'image de référence Ir#1 par découpage et sous-échantillonnage ; l'image de base Ib#1 et l'image de base Ib#M-1 sont utilisées pour élaborer l'image de référence Ir#2 par sous-échantillonnage, redimensionnement et combinaison ; l'image de base Ib#M-1 est utilisée telle quelle pour éla-
15 borer l'image de référence Ir#N-1, et l'image de base Ib#M est utilisée telle quelle pour élaborer l'image de référence Ir#N.

A la fin du processus d'élaboration des images de références Ir, l'unité de commande 2 classe les images de référence Ir en fonction de la taille de la cible T dans
20 l'image de référence Ir (on parle également d'un ordonnancement par ordre croissant de la résolution de la cible dans l'image de référence Ir ou par rapprochement ou grossissement apparent de la cible dans l'image de référence
25 Ir). A titre d'exemple, on a représenté sur les figures 5a à 5d quatre images de référence référencées de Ir1 à Ir4. L'image de référence Ir1 est l'image de référence dans laquelle la cible semble le plus proche de l'observateur tandis que l'image de référence Ir4 est l'image de référence
30 dans laquelle la cible semble le plus loin de l'observateur. On notera d'ailleurs que, dans les images Ir3

et Ir4 la cible est à peine visible alors qu'on peut clairement l'identifier dans les images Ir1 et Ir2. Les n images de référence Ir ainsi ordonnées sont transmises au drone 1 via les émetteurs/récepteurs 14, 4 et enregistrées
5 dans la mémoire 3 du drone 1.

En outre, lors de cette même phase préliminaire, les opérations à réaliser lors de la mission (ici tirer une munition sur la cible T) sont programmées dans l'unité de commande 2.

10 Ceci fait, l'opérateur commande à l'unité de commande 2 le démarrage du drone 1 (figure 6).

L'unité de commande 2 active en continu le dispositif optronique 5, la motorisation 6 et l'organe directeur 7 pour que le drone 1 s'élève verticalement et pivote pour que le
15 dispositif optronique 5 balaye son environnement. Le programme de suivi exécuté par l'unité de commande 2 sélectionne la première image de référence Ir4 pour en faire l'image de référence courante (étape 101) et recherche, dans les images Is fournies par le dispositif optronique
20 5, l'image de référence Ir4 et sa position dans les images Is (accrochage, étape 102). Une fois celle-ci trouvée, l'unité de commande 2 pilote l'organe directeur 7 de telle manière que le drone 1 se dirige vers la cible T en faisant en sorte que l'image de référence Ir4 reste dans le champ
25 des images Is fournies et par exemple au centre des images Is fournies (asservissement du pilotage de l'organe directeur 7 sur la position de la cible dans l'image Is, étape 106).

La recherche des images de référence dans les images Is
30 est réalisée de manière classique et comprend un calcul d'un score de corrélation entre chaque image de référence

Ir et les images Is (étape 103). Au fur et à mesure que le drone 1 se rapproche de la cible T, le score de corrélation entre les images Is et l'image de référence courante (Ir4) et le score de corrélation entre les images Is et l'image de référence suivante (Ir3) sont comparés entre eux et l'image de référence ayant le meilleur score de corrélation est sélectionnée comme image de référence courante (ceci est intéressant dans le cas où les images de référence ont été classées comme indiqué ci-dessus). En variante, on peut, à chaque instant, calculer et comparer entre eux les scores de corrélation entre les images Is et chaque image de référence et sélectionner comme image de référence courante celle ayant le meilleur score de corrélation (ceci est intéressant dans le cas où les images de référence n'ont pas été classées). L'unité de commande 2 sélectionne alors l'image de référence Ir3 comme image courante et recherche celle-ci dans les images Is : le score de corrélation va alors recommencer à croître, et ainsi de suite avec chaque image de référence. Dans le mode de mise en œuvre décrit, le programme de suivi :

- calcule en permanence le score de corrélation (corrélation Ref courante) entre l'image de référence (Ir4 par exemple) et les images Is et le score de corrélation (corrélation Ref suivante) entre l'image de référence suivante (Ir3 dans cet exemple) et les images Is (étape 103) ;
- compare ces deux scores l'un à l'autre (étape 104) ;
- si le score de corrélation (corrélation Ref courante) entre l'image de référence (Ir4) et les images Is est supérieur au score de corrélation (corrélation Ref suivante) entre l'image de référence suivante (Ir3)

et les images Is, l'asservissement est maintenu sur la position de l'image de référence Ir4 dans les image Is ;

- si le score de corrélation (corrélation Ref courante) entre l'image de référence (Ir4) est inférieur au score de corrélation (corrélation Ref suivante) entre l'image de référence suivante (Ir3) et les images Is, l'image de référence suivante (Ir3) devient l'image de référence courante (étape 105) et l'asservissement est réalisé en fonction de la position de l'image de référence Ir3 dans les image Is.

La cible T est considérée comme atteinte en fonction d'une taille apparente de la cible T dans les premières images Is. Selon une première mise en œuvre supposant la connaissance de la taille réelle de la cible T et les caractéristiques du dispositif optronique 5, on peut déterminer par stadimétrie la distance du drone 1 à la cible T en fonction de la taille apparente de la cible T dans les images Is. Selon une deuxième mise en œuvre, l'évolution temporelle de la taille apparente de la cible dans les images Is permet de calculer un temps avant impact à vitesse constante. D'autres mises en œuvre sont évidemment possibles, par exemple en utilisant : un modèle statistique liant des tailles apparentes de cibles et des distances à la cible ; un télémètre ; un capteur de pression... Lorsque la cible T est considérée comme atteinte (étape 107), l'action à accomplir est réalisée et par exemple : la munition est armée et tirée ; le drone 1 est amené en hippodrome autour de la cible T pour en prendre des images...

On notera que le procédé fonctionne même si la cible n'est pas visible dans les images de référence correspondant aux

rapprochements les plus faibles (en effet, la taille de la cible peut être inférieure à un pixel dans lesdites images qui montre en réalité l'environnement de la cible) : l'unité électronique de commande du drone 1 recherche les images de référence I_r dans les premières images I_s que la cible T soit détectable ou pas dans les images de référence I_r (sur la figure 1, on voit que la cible n'est pas visible dans l'image de référence $I_{r\#N}$).

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit mais englobe toute variante entrant dans le champ de l'invention telle que définie par les revendications.

En particulier, le drone peut avoir une structure différente de celle décrite.

Le drone peut comprendre d'autres capteurs se substituant ou s'ajoutant à ceux mentionnés précédemment :

- un lidar,
- un sonar,
- un récepteur de signaux satellitaires de positionnement (ou récepteur GNSS) utilisable par exemple sur une portion du trajet en l'absence de brouillage,
- un radar pour détecter la présence éventuelle d'obstacle à l'avant du drone 1,
- un capteur optronique dans le domaine infrarouge ou dans le domaine visible,
- un capteur de signaux électromagnétiques,
- un détecteur de menace et par exemple un détecteur de départ de missile ou de tir,
- ...

Le drone peut ne pas comprendre de centrale inertielle, que ce soit pour sa stabilisation ou sa navigation, et

fonctionner uniquement par tout type d'asservissement visuel. Lorsque la ligne de visée du système optronique est exactement dans l'axe d'avancement du drone, l'asservissement visuel a pour objectif d'orienter le drone pour que la cible soit imagée au centre de son champ d'observation. Mais dans le cas d'un drone nécessitant une inclinaison pour avancer (comme c'est le cas de la majorité des quadricoptères) avec une caméra dans l'axe du corps du drone, il faudra d'avantage chercher à positionner la cible dans le champ supérieur de l'image.

Le dispositif optronique 5 peut comprendre un capteur qui fonctionne dans les domaines visible et/ou infrarouge et qui est orienté/orientable pour capturer des images de l'environnement à l'avant du drone 1 ou tout autour de celui-ci.

La motorisation 6 est ici agencée pour propulser le drone selon une trajectoire aérienne et peut comprendre un propulseur de type réacteur, turboréacteur, statoréacteur, turbopropulseur...

L'organe directeur 7 peut comprendre des ailettes motorisées orientables ou des hélices orientables ou tout autre mécanisme pilotable permettant de modifier la trajectoire du drone.

Lors de la phase préliminaire, il est envisageable de programmer des points de passage (ces points de passage étant considérés comme des cibles intermédiaires), et d'autres types d'opérations à réaliser lors de la mission comme déposer un colis, rester en observation autour de la cible, activer un brouilleur de communication, relayer des communications...

L'asservissement visuel peut n'être utilisé que sur une

partie du trajet du drone. Par exemple, le drone 1 pourrait être téléguidé sur une partie initiale du trajet puis être autoguidé par asservissement visuel sur une partie finale du trajet.

5 Le drone peut être tout véhicule terrestre, nautique, aérien, amphibie, spatial... au moins en partie autonome. Ce véhicule peut être agencé pour transporter un ou plusieurs passagers, une charge utile (équipement(s) de surveillance, munition...), une marchandise... Le véhicule peut être
10 aussi un missile ou une munition rôdeuse...

Dans le mode de réalisation décrit, on a prévu que, pour débiter le vol du drone 1, l'unité de commande 2 active en continu le dispositif optronique 5, la motorisation 6 et l'organe directeur 7 pour que le drone 1 s'élève verticalement et pivote pour que le dispositif optronique 5 balaye
15 son environnement. En variante, l'opérateur peut orienter le drone dans la bonne direction ou entrer une valeur de cap si le drone embarque un compas magnétique que l'unité électronique de commande 2 peut exploiter pour piloter le
20 drone 1.

Les images de référence peuvent être obtenues par un ou plusieurs des processus décrits et chaque processus peut également être modifié. Par exemple, on pourra ne réaliser qu'un découpage ou qu'un sous-échantillonnage de l'image
25 de base. Les images de référence peuvent également être obtenues par des processus différents et par exemple en moyennant (de manière pondérée ou non) des images de base. Le dispositif optronique 15 peut comprendre une optique à distance focale réglable (zoom optique) et/ou un capteur
30 ayant une résolution maximale supérieure à une résolution maximale du capteur du dispositif optronique 5 et/ou une

unité électronique de calcul puissante pour traiter les images de base par exemple en super-résolution.

Le dispositif optronique 15 peut être un dispositif portable ou embarqué sur un véhicule comme un véhicule terrestre, un bateau, un avion, un satellite, un autre drone...
5 Ce peut être une lunette, une jumelle, un viseur, un dispositif de pointage, une boule optronique...

REVENDEICATIONS

1. Procédé de commande d'un véhicule autonome (1) comportant au moins une unité électronique de commande (2) et
5 un premier dispositif optronique (5) relié à l'unité électronique de commande et agencé pour fournir des premières images (Is) à l'unité électronique de commande qui est programmée pour rechercher une cible (T) dans les premières images et diriger le véhicule en fonction de la position
10 de la cible dans les premières images, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes de :
- capturer au moins une deuxième image (Ib) de la cible avec un deuxième dispositif optronique (15) qui est
15 séparé du véhicule et qui a une performance de génération d'image supérieure à une performance de génération d'image du premier dispositif optronique ;
 - à partir de ladite au moins une deuxième image, former des images de référence (Ir) de la cible à différents rapprochements et charger les images de référence en
20 mémoire de l'unité électronique de commande ;
 - faire rechercher par l'unité électronique de commande les images de référence (Ir) dans les premières images (Is) pour diriger le véhicule ;
- et dans lequel la deuxième image (Ib) est capturée à une
25 résolution prédéterminée supérieure à une résolution maximale du premier dispositif de capture (5) et au moins une des images de référence (Ir) est extraite de la deuxième image par découpage et/ou diminution de la résolution.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le deuxième
30 dispositif de capture (15) comprend une optique à distance focale réglable et plusieurs deuxièmes images (Ib)

sont capturées à des distances focales différentes correspondant chacune à un grossissement apparent de la cible.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins une des images de référence (Ir) résulte d'un traitement de super-résolution réalisé sur la deuxième image (Ib).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les images de référence (Ir) sont classées en fonction du rapprochement de la cible (T) dans les images de référence.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le nombre d'images de référence (Ir) dépend d'une distance séparant le véhicule (1) et la cible (T) et de la performance de capture du premier dispositif optronique (5).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la capture de chaque deuxième image (Ib) est réalisée depuis un point de départ (D) du véhicule (1).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la recherche des images de référence (Ir) dans les premières images (Is) comprend un calcul d'un score de corrélation entre chaque image de référence et au moins une des premières images.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la première unité de commande (2) :

- calcule en permanence le score de corrélation (corrélation Ref courante) entre l'image de référence courante et les premières images (Is) et un score de corrélation (corrélation Ref suivante) entre au moins une image de référence suivante et les premières

- images (étape 103) ;
- compare ces deux scores l'un à l'autre (étape 104) ;
 - si le score de corrélation (corrélation Ref courante) entre l'image de référence courante(Ir4) et les premières images est inférieur au score de corrélation (corrélation Ref suivante) entre l'image de référence suivante (Ir3) et les premières images, l'image de référence suivante devient l'image de référence courante.
- 5
- 10 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la cible (T) est considérée comme atteinte en fonction d'une taille apparente de la cible dans les premières images (Is).

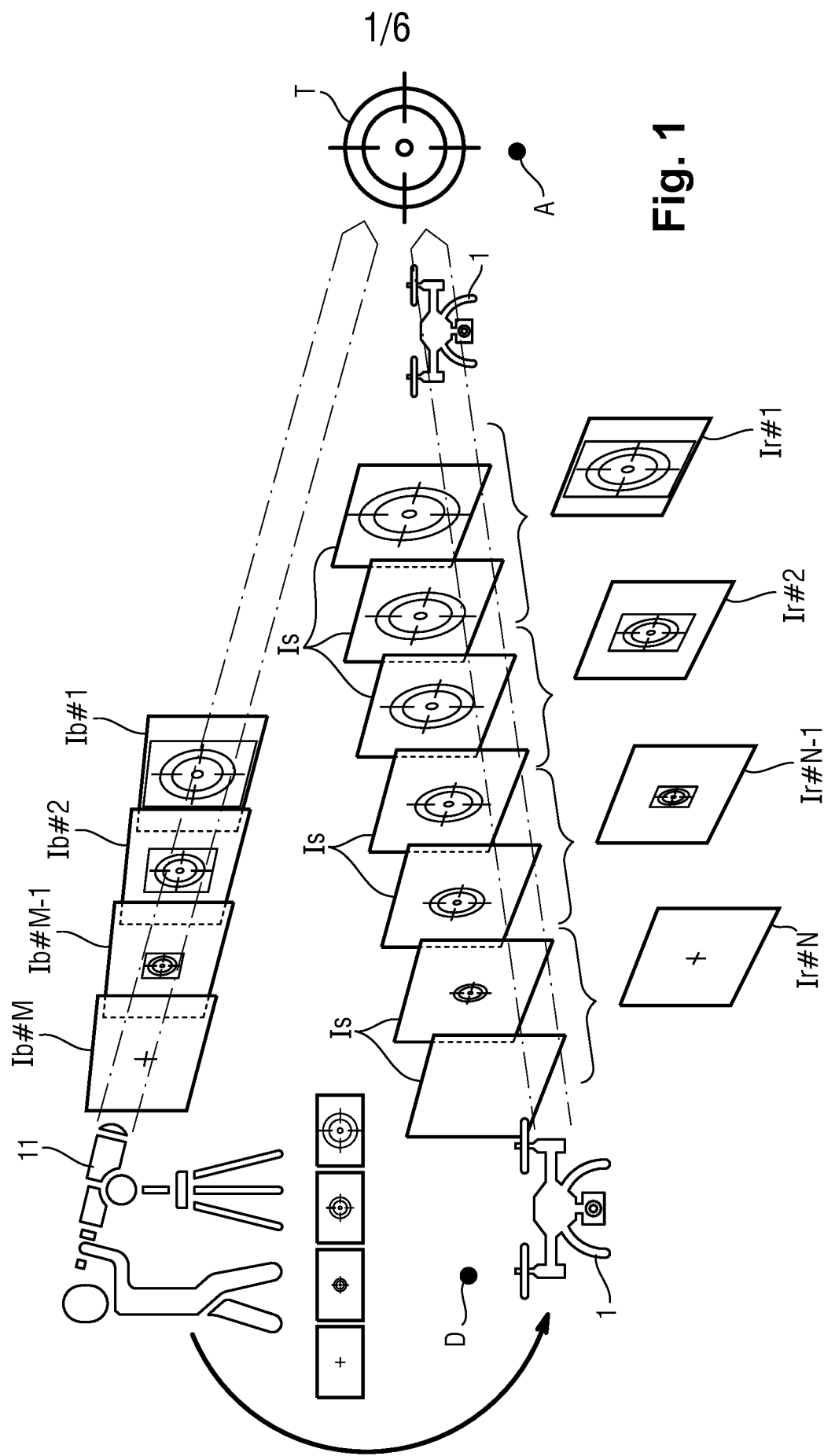


Fig. 1

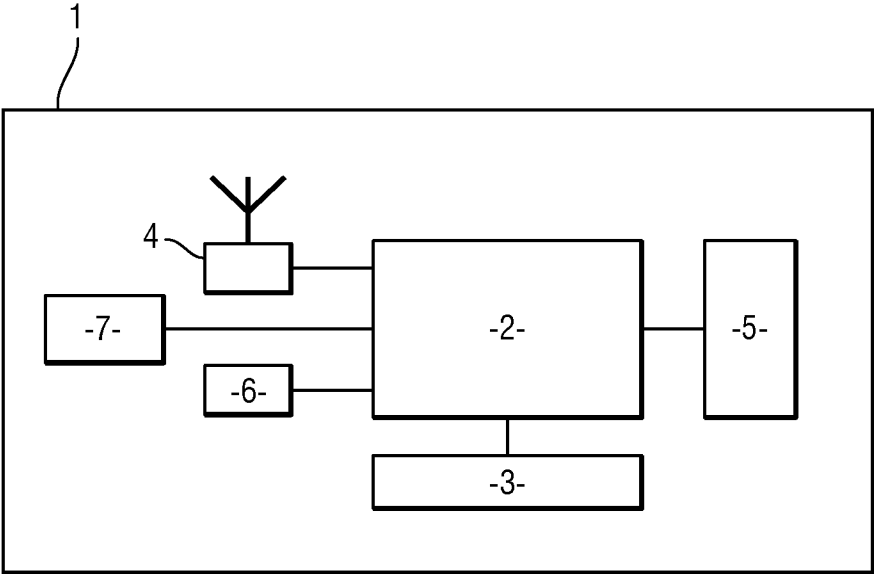


Fig. 2

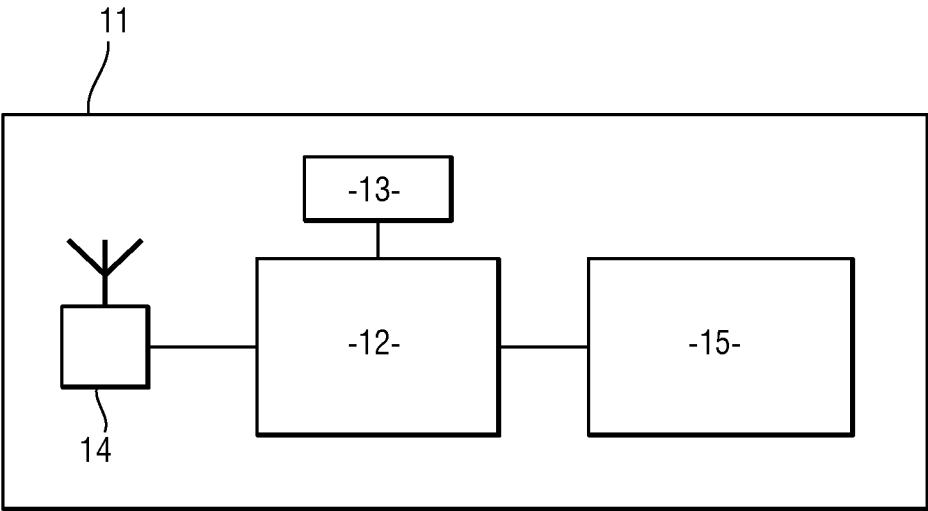


Fig. 3

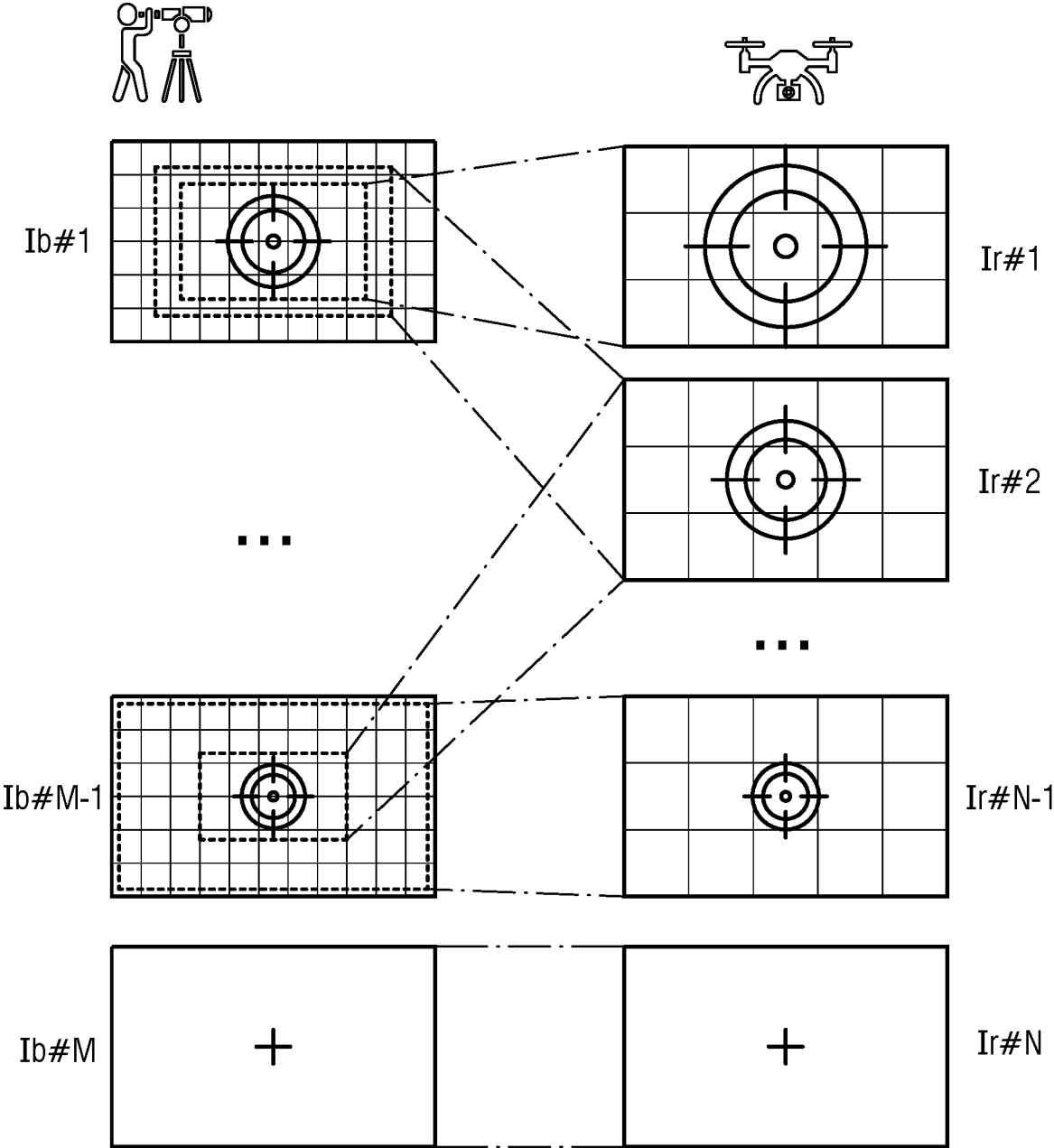


Fig. 4

4/6

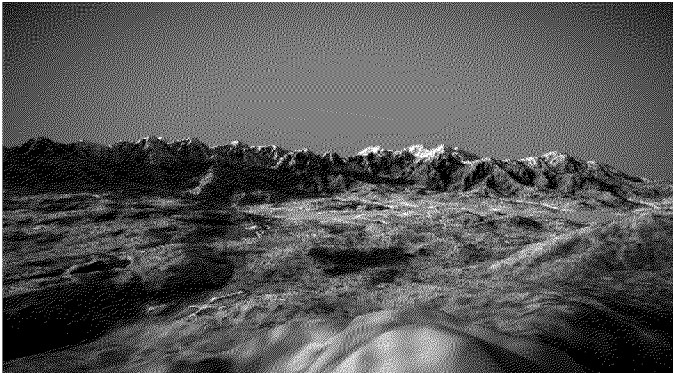


Fig. 5a

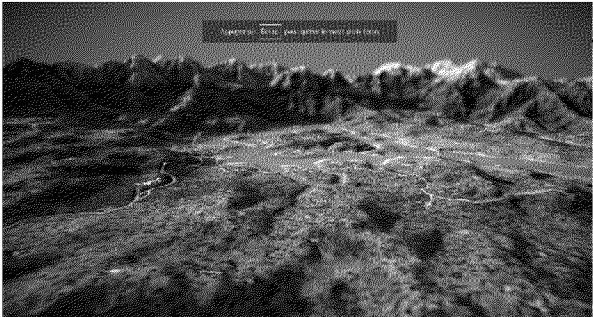


Fig. 5b

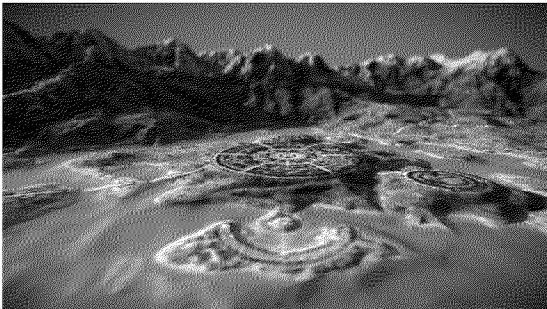


Fig. 5c

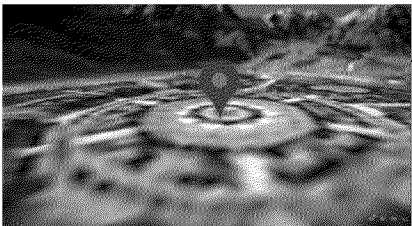
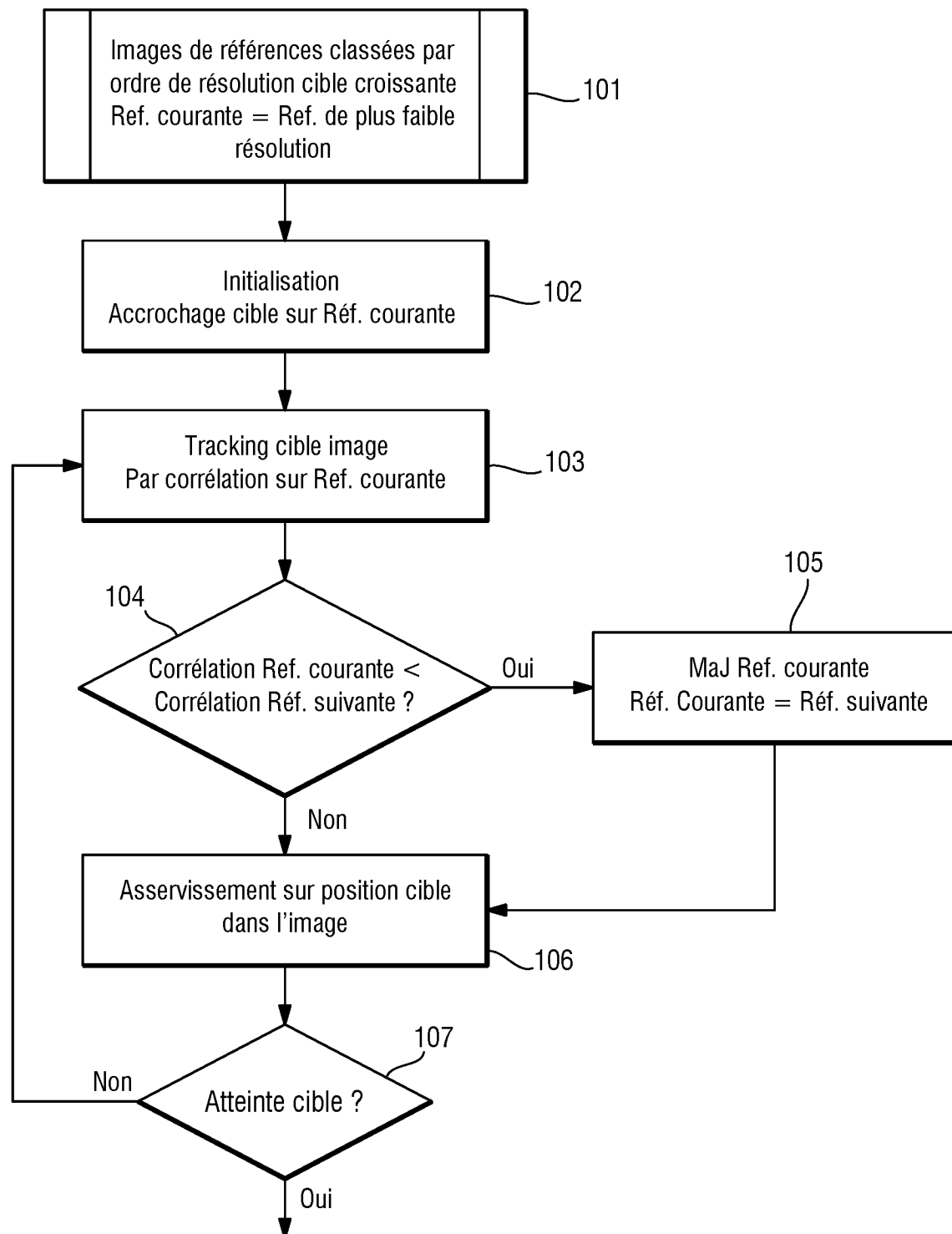
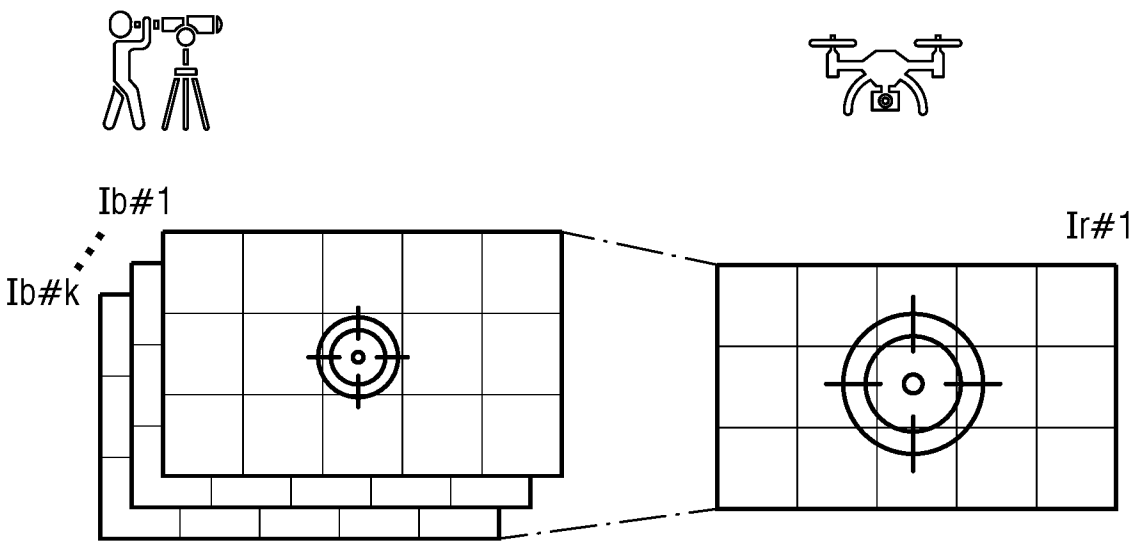


Fig. 5d

5/6

**Fig. 6**



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/066287

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 1/222(2024.01)i; **B64C 39/02**(2023.01)i; **G06T 7/70**(2017.01)i; **G06V 20/10**(2022.01)i; **F41G 3/14**(2006.01)i;
G05D 1/689(2024.01)i; **G05D 105/35**(2024.01)i; **G05D 107/30**(2024.01)i; **G05D 109/25**(2024.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05D; G06V; B64C; G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013248647 A1 (ELL TODD A [US] ET AL) 26 September 2013 (2013-09-26)	1,2,4-8
Y	Paragraphs [0002], [0014]-[0015], [0018]-[0019], [0032], [0034], [0041]-[0042], [0044]-[0046], [0048], [0052], [0057]-[0058], [0063]; Figures 1-3.	3,9
Y	EP 3159651 A1 (MBDA UK LTD [GB]) 26 April 2017 (2017-04-26) Paragraphs [0001], [0036].	3
Y	US 2021116943 A1 (WANG MINGYU [CN] ET AL) 22 April 2021 (2021-04-22) Paragraph [0137].	9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 July 2024

Date of mailing of the international search report

23 July 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Roch, Vincent

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/066287

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2013248647	A1	26 September 2013	EP	2642238	A1	25 September 2013
				US	8525088	B1	03 September 2013
EP	3159651	A1	26 April 2017	NONE			
US	2021116943	A1	22 April 2021	CN	107148639	A	08 September 2017
				CN	107209854	A	26 September 2017
				CN	108139759	A	08 June 2018
				CN	108351649	A	31 July 2018
				CN	110276786	A	24 September 2019
				CN	114594792	A	07 June 2022
				CN	114815906	A	29 July 2022
				EP	3353706	A1	01 August 2018
				EP	3374836	A1	19 September 2018
				JP	6735821	B2	05 August 2020
				JP	2018535487	A	29 November 2018
				US	2017134631	A1	11 May 2017
				US	2018203467	A1	19 July 2018
				US	2019011921	A1	10 January 2019
				US	2019082088	A1	14 March 2019
				US	2021116943	A1	22 April 2021
				US	2021223795	A1	22 July 2021
				WO	2017045116	A1	23 March 2017
				WO	2017045251	A1	23 March 2017
				WO	2017045315	A1	23 March 2017

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE					
INV.	G05D1/222 G05D1/689	B64C39/02 G05D105/35	G06T7/70 G05D107/30	G06V20/10 G05D109/25	F41G3/14
ADD.					
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB					
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE					
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G05D G06V B64C G06T					
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche					
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO - Internal					
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS					
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents				no. des revendications visées
X	US 2013/248647 A1 (ELL TODD A [US] ET AL) 26 septembre 2013 (2013-09-26)				1, 2, 4 - 8
Y	Paragraphs [0002], [0014] - [0015], [0018] - [0019], [0032], [0034], [0041] - [0042], [0044] - [0046], [0048], [0052], [0057] - [0058], [0063]; Figures 1-3.				3, 9
Y	EP 3 159 651 A1 (MBDA UK LTD [GB]) 26 avril 2017 (2017-04-26) Paragraphes [0001], [0036].				3
Y	US 2021/116943 A1 (WANG MINGYU [CN] ET AL) 22 avril 2021 (2021-04-22) Paragraphe [0137].				9
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe					
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets					
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée			Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale		
9 juillet 2024			23/07/2024		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016			Fonctionnaire autorisé Roch, Vincent		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2024/066287

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013248647	A1	26-09-2013	EP 2642238 A1	25-09-2013
			US 8525088 B1	03-09-2013

EP 3159651	A1	26-04-2017	AUCUN	

US 2021116943	A1	22-04-2021	CN 107148639 A	08-09-2017
			CN 107209854 A	26-09-2017
			CN 108139759 A	08-06-2018
			CN 108351649 A	31-07-2018
			CN 110276786 A	24-09-2019
			CN 114594792 A	07-06-2022
			CN 114815906 A	29-07-2022
			EP 3353706 A1	01-08-2018
			EP 3374836 A1	19-09-2018
			JP 6735821 B2	05-08-2020
			JP 2018535487 A	29-11-2018
			US 2017134631 A1	11-05-2017
			US 2018203467 A1	19-07-2018
			US 2019011921 A1	10-01-2019
			US 2019082088 A1	14-03-2019
			US 2021116943 A1	22-04-2021
			US 2021223795 A1	22-07-2021
			WO 2017045116 A1	23-03-2017
			WO 2017045251 A1	23-03-2017
			WO 2017045315 A1	23-03-2017
