

⑤④ Système de surveillance infrarouge pour aéronef militaire et aéronef militaire, notamment un missile, équipé d'un tel système.

②② Date de dépôt : 06.04.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN ELECTRONICS &
DEFENSE Société par actions simplifiée — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 13.10.23 Bulletin 23/41.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.11.24 Bulletin 24/48.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : DAVENEL Arnaud et KLING
Emmanuel.

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE
Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BOETTCHER.



Description

Titre de l'invention : Système de surveillance infrarouge pour aéronef militaire et aéronautique, notamment un missile, équipé d'un tel système

- [0001] La présente invention concerne le domaine de la surveillance optique de l'environnement d'un aéronautique militaire et plus particulièrement d'un missile ou un avion militaire comme un chasseur.
- [0002] ARRIERE PLAN DE L'INVENTION
- [0003] Il est connu d'équiper les missiles et les avions de combat de dispositifs de surveillance optroniques.
- [0004] Les dispositifs les plus élaborés, souvent disposés à l'avant de l'avion, comportent par exemple un capteur de vision diurne pour l'identification à longue distance (40 km) et un capteur infrarouge ayant une sensibilité dans les bandes de longueurs d'onde 3 à 5 μm et 8 à 12 μm pour détecter des cibles à longues distances. Ces dispositifs de surveillance frontaux sont utilisés pour l'autoprotection de l'avion (détection des missiles ennemis par exemple) ou pour l'attaque (détection de cible).
- [0005] Pour l'autoprotection, les images fournies par le capteur sont traitées pour y rechercher par exemple la trace thermique des gaz chaud éjectés par le missile au moins au moment de son départ (on parle des « plumes » du missile) ou de parties chaudes du missile, plus particulièrement sur le fuselage. Dans l'image, cette trace thermique prend la forme d'une zone ou tache, qui peut avoir la taille d'un seul pixel, ayant une intensité supérieure à un seuil d'alerte. Le seuil d'alerte est relativement bas pour pouvoir détecter un départ de missile le plus loin possible mais doit être significativement supérieur au bruit de l'image pour éviter la multiplication des fausses alertes. Le traitement des images est donc relativement délicat.
- [0006] OBJET DE L'INVENTION
- [0007] L'invention a notamment pour but de fournir un système optronique de surveillance améliorée de l'environnement d'un missile ou d'un avion militaire.

Résumé de l'invention

- [0008] A cet effet, on prévoit, selon l'invention un système optronique de surveillance d'un espace environnant un aéronautique militaire, comprenant une unité électronique de traitement, des capteurs optroniques reliés à l'unité électronique de traitement et au moins une unité de mesure inertielle reliée à l'unité électronique de traitement. Les capteurs optroniques ont un champ individuel prédéterminé et sont agencés pour être fixés sur l'aéronautique de manière à avoir un champ global correspondant sensiblement à l'espace à surveiller. L'unité électronique de traitement incorpore un processeur et une

mémoire contenant un programme ayant des instructions agencées pour :

- recevoir de chaque capteur optronique une pluralité de signaux image correspondant à des images capturées successivement pendant une durée prédéterminée ;
- recalculer ensemble les images les unes par rapport aux autres, dans un repère commun à tous les capteurs, à partir de données de positionnement inertiel fournies par l'unité de mesure inertielle ;
- déclencher une alerte lorsque plusieurs des images comprennent après recalage une même zone ayant une intensité supérieure à un seuil prédéterminé.

[0009] L'aéronef militaire peut être un avion de combat, un missile ou autre et l'espace à surveiller peut être par exemple sur 360° ou 180°. Ainsi, lorsque l'aéronef est en mouvement, les images de la série d'images fournie par chaque capteur optronique sont décalées les unes par rapport aux autres du fait que chaque capteur optronique est fixe par rapport à l'aéronef et que l'aéronef s'est déplacé dans l'espace. Ce décalage dépend de l'intervalle temporel entre chaque image, de la vitesse de l'aéronef et des mouvements qu'il a effectués. Dès lors, un même élément du paysage balayé par un capteur, comme par exemple une trace thermique de départ de missile dans le cas de capteurs infrarouges, ne sera pas exactement positionné au même endroit dans les images de la série, quand bien même le déplacement de l'aéronef serait minime entre deux images, ce qui complique la détection de cet élément du paysage. Les données inertielles sont utilisées pour déterminer la vitesse de l'aéronef et les mouvements effectués entre les images pour pouvoir recalculer entre elles les images capturées dans un repère commun à tous les capteurs et faire coïncider ainsi entre eux les mêmes éléments du paysage (dont les traces thermiques de missile) visibles sur plusieurs images capturées. Ceci permet de faire ressortir les traces thermiques d'intérêt en éliminant le bruit qui, lui, est présent de manière aléatoire d'une image à l'autre. La détection est de la sorte plus précise.

[0010] L'invention concerne également un aéronef équipé d'un tel système optronique, l'aéronef comprenant une structure sur laquelle les capteurs optroniques sont rigidement fixés et répartis.

[0011] Par « rigidement fixés », on entend que les capteurs optroniques ne sont pas orientables par rapport à la structure de l'aéronef, ce qui simplifie l'agencement des capteurs et augmente la vitesse d'acquisition puisque les images ne sont pas obtenues par un mouvement de balayage des capteurs optroniques.

[0012] L'invention porte également sur un procédé de surveillance d'un espace environnant un aéronef militaire pourvu de capteurs optroniques et d'au moins une unité de mesure inertielle qui sont reliés à une unité électronique de traitement, les capteurs optroniques

ayant un champ individuel prédéterminé et étant fixés sur l'aéronef de manière à avoir un champ global correspondant sensiblement à l'espace à surveiller, le procédé comprenant les étapes de :

- recevoir de chaque capteur optronique une pluralité de signaux images correspondant à des images capturées successivement pendant une durée prédéterminée ;
- recalculer ensemble les images des différents capteurs les uns par rapport aux autres, dans un repère commun à tous les capteurs, à partir de données de positionnement inertiel fournies par l'unité de mesure inertielle ;
- déclencher une alerte lorsque plusieurs des images comprennent, après recalcul dans le repère commun à tous les capteurs, une même zone ayant une intensité supérieure à un seuil prédéterminé.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention.

Brève description des dessins

[0014] Il sera fait référence aux dessins annexés, parmi lesquels :

[0015] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique d'un dispositif de localisation selon l'invention ;

[0016] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue schématique de dessus d'un aéronef équipé d'un dispositif de localisation selon l'invention ;

[0017] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue schématique de dessous de cet aéronef ;

[0018] [Fig.4] la [Fig.4] est une vue schématique de côté de cet aéronef.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0019] En référence aux figures 2 à 4, l'invention est ici décrite en application à la surveillance de l'espace environnant un avion, généralement désigné en 100, ayant une structure 101 (la cellule ou fuselage) et des ailes 102, les autres parties de l'avion 100 n'étant pas mentionnées ici. L'avion 100 embarque un dispositif de surveillance conforme à l'invention.

[0020] En référence également à la [Fig.1], le dispositif de surveillance conforme à l'invention comprend une unité électronique de traitement 1 reliée à six capteurs optroniques 2 et à six unités de mesure inertielle 3 disposées chacune au voisinage d'un des capteurs optroniques 2. Sur les figures, la référence numérique 2 est associée aux lettres : « fu » pour désigner un capteur optronique 2 orienté vers l'avant et le haut, « ru » pour désigner un capteur optronique 2 orienté vers l'arrière et le haut, « fd » pour désigner un capteur optronique 2 orienté vers l'avant et le bas, « rd » pour désigner un capteur optronique 2 orienté vers l'arrière et le bas, « ll » pour désigner un capteur optronique 2 positionné latéralement et orienté vers la gauche, « lr » pour

désigner un capteur optronique 2 positionné latéralement et orienté vers la droite. Sur les figures, la référence numérique 3 est associée aux mêmes lettres que le capteur optronique 2 au voisinage duquel l'unité de mesure inertielle 3 est fixée.

[0021] Chaque capteur optronique 2 est ici un capteur en un matériau sensible aux longueurs d'ondes comprises entre 3 et 5 μm environ (bande MWIR) et entre 8 et 12 μm environ (bande LWIR). En effet, la sensibilité à la bande MWIR permet de détecter les gaz de combustion (de missile ou d'avion et plus généralement de tout aéronef) qui comprennent beaucoup de dioxyde de carbone émettant à la longueur d'onde de 4,2 μm . La sensibilité à la bande LWIR permet de détecter plus efficacement les missiles dont le moteur a été arrêté et les missiles et aéronefs venant de face. Le capteur est par exemple en tellurure de mercure-cadmium (HgCdTe) ou en un matériau ayant une structure périodique de couches de type « superlattice » présentant une sensibilité dans les bandes concernées. Chaque capteur optronique 2 est ici un détecteur matriciel à plan focal ou FPA (de l'anglais « focal plane array »), a un champ individuel prédéterminé ici de 105° par 84°, et a une résolution de 2560 pixels par 2048 pixels (on rappelle qu'un capteur optronique est composé d'une pluralité de détecteurs élémentaires adjacents les uns aux autres et qu'un pixel, de l'anglais « picture element », désigne un tel détecteur élémentaire). Chaque pixel est formé par une photodiode et un puits accumulant des charges électriques en fonction des photons qu'il reçoit. Ces charges électriques sont extraites périodiquement sous la forme d'un signal élémentaire. L'ensemble des signaux élémentaires extraits à un instant donné des détecteurs élémentaires d'un capteur optronique 2 forme un signal image. La fréquence de trame des capteurs optroniques 2 est de préférence comprise entre 50 et 100 Hz.

[0022] Les capteurs optroniques 2 sont fixés rigidement à la cellule 101 de l'avion 100 comme suit :

- un premier capteur optronique 2fu débouche sur une surface supérieure de la structure 101, ici en avant du cockpit, et est orienté vers l'avant de l'aéronef 100 ;
- un deuxième capteur optronique 2ru débouche sur la surface supérieure de la structure 101, ici en arrière du cockpit, et est orienté vers l'arrière de l'aéronef 100 ;
- un troisième capteur optronique 2fd débouche sur une surface inférieure de la structure 101 et est orienté vers l'avant de l'aéronef 100 ;
- un quatrième capteur optronique 2rd débouche sur la surface inférieure de la structure 101 et est orienté vers l'arrière de l'aéronef 100 ;
- un cinquième capteur 2ll et un sixième capteur 2lr débouchent sur des surfaces latérales opposées de la structure 101 et sont orientés sur un axe transversal de la structure 101 respectivement vers la gauche et vers la droite.

- [0023] Ce positionnement permet de combiner les champs individuels des capteurs optroniques 2 pour obtenir un champ global de 4π stéradians couvrant la totalité de l'espace environnant l'avion 100.
- [0024] Chaque unité de mesure inertielle 3 (couramment dénommée IMU de l'anglais « inertial measurement unit ») comprend, de façon connue en elle-même, des accéléromètres et des gyroscopes ou gyromètres permettant de déterminer des mouvements linéaires et angulaires relativement aux axes d'un repère de référence. Chaque unité de mesure inertielle 3 est fixée à la même partie de la structure 101 qu'un des capteurs optroniques 2, au voisinage immédiat de celui-ci, pour détecter les mouvements de la partie de structure 101 à laquelle le capteur optronique 2 est fixé. Le fait de fixer une unité de mesure inertielle 3 sur la même partie de structure 101 que le capteur optronique 2 associé et au voisinage immédiat de celui-ci permet de limiter les déplacements relatifs possibles de l'unité de mesure inertielle 3 du capteur optronique 2 associé qui pourraient résulter par exemple d'une déformation élastique de la structure 101. Chaque unité de mesure inertielle 3 est agencée pour fournir des signaux électriques, appelés ici signaux de positionnement, représentatifs de données inertielles d'attitude (orientation du support dans l'espace autour des axes du repère de référence) et de données inertielles de mouvements de la partie de cellule 101 à laquelle sont fixés l'unité de mesure inertielle 3 et le capteur optronique 2 associé. Plus précisément, les données inertielles ont la forme de quaternions.
- [0025] L'unité électronique de traitement 1 comprend un composant de calcul, tel qu'un processeur, et au moins une mémoire contenant au moins un programme exécutable par le composant de calcul. L'unité électronique peut être réalisée sous la forme d'un circuit intégré, d'un circuit FPGA, ou d'une carte électronique comprenant un substrat pourvu de pistes conductrices et de composants électroniques reliés aux pistes conductrices. Le programme contenu dans l'unité électronique de traitement 1 comprend des instructions agencées pour :
- [0026] - commander l'acquisition de signaux image par chaque capteur optronique 2 et plus généralement commander chaque capteur optronique 2 ;
- [0027] - récupérer les données inertielles contenues dans les signaux de positionnement provenant de chaque unité de mesure inertielle 3 et effectuer des calculs sur ces données inertielles ;
- [0028] - associer les données inertielles de chaque unité de mesure inertielle 3 aux signaux image du capteur optronique qui lui est associé pour qu'à chaque instant de capture correspondent une image et des données inertielles de positionnement,
- [0029] - effectuer un traitement des signaux images fournis par chaque capteur optronique 2.
- [0030] Plus précisément, le traitement effectué comprend, pour chaque capteur optronique 2 et l'unité de mesure inertielle 3 associée, les étapes de :

- [0031] - commander l'acquisition de signaux image par chaque capteur optronique 2 pendant une durée prédéterminée ;
- [0032] - recalcr les images les unes par rapport aux autres, dans un repère unique et commun à tous les capteurs optroniques, à partir des données inertielles fournies par l'unité de mesure inertielle 3 associée au capteur optronique 2 ayant fourni lesdites images à recalcr.
- [0033] Enfin, pour l'ensemble des capteurs optroniques et sur les images assemblées dans le repère unique et commun à tous les capteurs optroniques, le traitement comprend l'étape de déclencher une alerte lorsque plusieurs des images comprennent après recalcr une même zone ayant une intensité supérieure à un seuil prédéterminé.
- [0034] A titre d'illustration, avec un nombre N de capteurs optroniques 2 :
- à chaque instant t chaque capteur optronique n fournit une image notée $image_capteur(n)_instant(t)$;
 - le recalcr de ces images à chaque instant t dans un repère commun à tous les capteurs fournit une « macro-image » telle que
- [0035] $macro_image_instant(t) = \sum_1^N image_capteur(n)_instant(t)$;
- le traitement est réalisé sur une série de macro-images, correspondant à des instants successifs, recalcrées les unes par rapport aux autres dans le repère commun.
- [0036] Le repère commun aux capteurs optroniques 2 est obtenu par exemple en désignant une des unités de mesure inertielle 3 comme « maître » et en choisissant le repère de cette unité de mesure inertielle maître comme repère commun. Les autres unités de mesure inertielle 3 sont alignées, de manière connue en elle-même, sur le repère de l'unité de mesure inertielle « maître ».
- [0037] On rappelle que le recalcr permet de faire coïncider entre eux les mêmes éléments du paysage (dont les traces thermiques de missile) qui seraient visibles sur plusieurs images capturées mais à différents endroits des images compte-tenu des mouvements de l'avion 100 entre les captures. Ce recalcr est possible car les données inertielles permettent de déterminer la différence de position dans l'espace et la différence d'orientation dans l'espace de chaque capteur optronique 2 entre deux images successives. Le seuil prédéterminé est de l'ordre de grandeur du bruit : c'est l'utilisation de plusieurs images qui permet de révéler que la zone en question est une zone d'intérêt. Le recalcr permet ainsi de replacer les images dans un même repère fixe qui n'est pas celui du porteur.
- [0038] En pratique, le programme de l'unité électronique de traitement 1 met en œuvre les étapes suivantes de :
- [0039] - sommer les signaux image obtenus pendant la durée prédéterminée en les recalcrant à

- partir des données de positionnement inertiel de manière à obtenir un signal résultat ;
- [0040] - rechercher dans le signal résultat une ou plusieurs portions d'intérêt ayant une amplitude supérieure au seuil prédéterminé.
- [0041] Ainsi, lors du fonctionnement du dispositif de l'invention, les signaux correspondant à une même scène visible dans les images de la série sont accumulés pour former un signal résultat. Même si la portion d'intérêt de chaque signal image, représentative de la présence d'une trace thermique, est de faible amplitude, le signal résultat comprendra une portion d'intérêt correspondante dont l'amplitude sera la somme des amplitudes des portions d'intérêt de tous les signaux images. Cette accumulation temporelle revient à rendre le capteur optronique assimilable à un capteur fictif stabilisé dans l'espace et ayant une profondeur de puits augmentée. En outre, le bruit étant lui aléatoire, il est atténué par rapport à la portion d'intérêt dans le signal résultat. L'accumulation des signaux images permet ainsi de mettre en évidence que plusieurs images comportaient, après recalage, une même zone ayant une intensité supérieure au seuil fixé.
- [0042] On notera que dans le cas d'un missile visant l'avion 100, le missile est sur une trajectoire de collision si bien qu'il apparaît pendant l'essentiel de sa course au même cap par rapport à l'avion. C'est la raison pour laquelle il est possible d'utiliser un seuil de détection relativement bas et plusieurs images pour le détecter de manière performante. On se trouve sensiblement dans le même cas avec un avion lointain.
- [0043] 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.
- [0044] En particulier, le dispositif de surveillance selon l'invention peut avoir une structure différente de celle décrite.
- [0045] Il est possible de ne pas avoir une unité de mesure inertielle par capteur. De préférence, on fera en sorte de ne pas avoir de capteur éloigné de plus d'un mètre d'une unité de mesure inertielle.
- [0046] Dans un mode de réalisation moins performant que celui décrit, il est possible d'utiliser la centrale inertielle de l'avion pour recaler les images entre elles en faisant l'hypothèse que la cellule ne se déforme pas ou dans des limites acceptables par rapport à la sensibilité de détection recherchée.
- [0047] Les capteurs optroniques peuvent être sensibles à une seule des deux bandes de longueurs d'onde mentionnées ou bien à d'autres bandes de longueurs d'onde que celles mentionnées.
- [0048] D'autres matériaux que ceux mentionnés sont envisageables et notamment l'antimoniure d'indium (InSb).
- [0049] Il est aussi possible d'utiliser des photodétecteurs infrarouges à puits quantique.

- [0050] On peut utiliser les quaternions dans les données inertielles mais aussi les angles d'Euler et les matrices de rotation.
- [0051] Il est en outre possible d'associer des capteurs du domaine infrarouge et des capteurs du domaine visible.
- [0052] D'autres tailles de capteur sont utilisables et par exemple (en pixels) : 640 par 640, 1280 par 1280, 1600 par 1600, 2000 par 2000, 2560 par 2048, 4000 par 4000, 5120 par 5120, ou autres.
- [0053] Le nombre et la position des capteurs optroniques peuvent être différentes de ceux indiqués ci-dessus. De préférence, les capteurs optroniques sont au nombre de n et ont chacun un champ sensiblement égal à $1/n$ de l'espace à surveiller.
- [0054] Pour sortir le signal du bruit, il est possible d'utiliser la méthode de sommation qui a été décrite mais d'autres méthodes connues sont envisageables. Ainsi, une autre méthode comprend les étapes de :
- mettre un seuil relativement bas sur chaque image, ce qui engendre un nombre élevé de plots dont une grande part correspond à du bruit ;
 - filtrer les plots « bruit » par rapport aux plots « cible » en utilisant la statistique. Selon l'approche statistique, si dans une zone restreinte de quelques pixels autour d'un plot d'intérêt dans une image, il y a, dans un premier nombre prédéterminé d'images suivantes, un deuxième nombre prédéterminé de nouveaux plots qui dépassent le seuil, alors le plot d'intérêt est vraisemblablement un plot « cible ». Par exemple, on considère que si dans une zone restreinte de quelques pixels autour d'un plot, il y a, dans les 5 prochaines images, au moins 3 nouveaux plots qui dépassent le seuil, alors le plot initialement considéré est vraisemblablement un plot « cible ». On dit couramment que l'ensemble des plots est mis en piste ici en 3/5 (3 plots détectés sur 5 acquisitions).
- [0055] L'invention est applicable à tout type d'aéronef, piloté ou non.

Revendications

[Revendication 1]

Système optronique de surveillance d'un espace environnant un aéronef militaire (100), comprenant une unité électronique de traitement (1), une pluralité N de capteurs optroniques (2) reliés à l'unité électronique de traitement (1) et au moins une unité de mesure inertielle (3) reliée à l'unité électronique de traitement (1), les capteurs optroniques (2) ayant un champ individuel prédéterminé et étant agencés pour être fixés sur l'aéronef de manière à avoir un champ global correspondant sensiblement à l'espace à surveiller, l'unité électronique de traitement (1) incorporant un processeur et une mémoire contenant un programme ayant des instructions agencées pour :

- recevoir de chaque capteur optronique (2) une pluralité de signaux images correspondant à des images capturées successivement pendant une durée prédéterminée ;
- recalcr ensemble les images des différents capteurs les unes par rapport aux autres, dans un repère commun à tous les capteurs, à partir de données de positionnement inertiel fournies par l'unité de mesure inertielle (3) ;
- déclencher une alerte lorsque plusieurs des images comprennent, après recalage dans le repère commun à tous les capteurs, une même zone ayant une intensité supérieure à un seuil prédéterminé ;

de telle manière que :

- à chaque instant t chaque capteur optronique n fournit une image $image_capteur(n)_instant(t)$;
- ces images sont recalées à chaque instant t dans un repère commun à tous les capteurs pour fournir une macro-image telle que

$$macro_image_instant(t) = \sum_1^N image_capteur(n)_instant(t) ;$$

- les macro-images d'une série de macro-images, correspondant à des instants successifs, sont recalées les unes par rapport aux autres dans le repère commun pour y détecter la zone ayant une intensité supérieure à un seuil prédéterminé.

- [Revendication 2] Système selon la revendication 1, dans lequel le programme comprend les étapes de :
- sommer les signaux image obtenus pendant la durée prédéterminée en les recalant à partir des données de positionnement inertiel de manière à obtenir un signal résultat ;
 - rechercher dans le signal résultat une portion d'intérêt ayant une amplitude supérieure au seuil prédéterminé.
- [Revendication 3] Système selon la revendication 1, dans lequel le programme comprend les étapes de :
- mettre un seuil prédéterminé sur chaque image pour engendrer un ou des plots ;
 - filtrer les plots correspondant à du bruit par rapport à des plots correspondant à une cible en utilisant une approche statistique.
- [Revendication 4] Système selon la revendication 3, dans lequel, selon l'approche statistique, si dans une zone restreinte autour d'un plot d'intérêt dans une image, il y a, dans un premier nombre prédéterminé d'images suivantes, un deuxième nombre prédéterminé de nouveaux plots correspondant à des pixels dépassant le seuil prédéterminé, alors le plot d'intérêt est vraisemblablement un plot correspondant à une cible.
- [Revendication 5] Système selon la revendication 1, dans lequel les capteurs optroniques (2) sont au nombre de n et ont chacun un champ sensiblement égal à $1/n$ de l'espace à surveiller.
- [Revendication 6] Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les capteurs optroniques (2) ont l'une des résolutions approximatives suivantes (pixels) :
- 640 par 640,
 - 1280 par 1280,
 - 2000 par 2000,
 - 2560 par 2048,
 - 4000 par 4000.
- [Revendication 7] Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les capteurs optroniques (2) sont sensibles aux longueurs d'ondes de la bande MWIR.

- [Revendication 8] Système selon la revendication 7, dans lequel les capteurs optroniques (2) sont sensibles aux longueurs d'ondes de la bande LWIR également.
- [Revendication 9] Aéronef militaire (100) équipé d'un système optronique selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'aéronef comprenant une structure (101) sur laquelle les capteurs optroniques (2) sont rigidement fixés et répartis.
- [Revendication 10] Aéronef militaire (100) selon la revendication 9, dans laquelle les capteurs optroniques (2) sont positionnés comme suit :
- un premier capteur optronique (2fu) débouchant sur une surface supérieure de la structure (101) et orienté vers l'avant de l'aéronef (100) ;
 - un deuxième capteur optronique (2ru) débouchant sur la surface supérieure de la structure (101) et orienté vers l'arrière de l'aéronef (100) ;
 - un troisième capteur optronique (2fd) débouchant sur une surface inférieure de la structure (101) et orienté vers l'avant de l'aéronef (100) ;
 - un quatrième capteur optronique (2rd) débouchant sur la surface inférieure de la structure (101) et orienté vers l'arrière de l'aéronef (100) ;
 - un cinquième capteur (2ll) et un sixième capteur (2lr) qui débouchent sur des surfaces latérales opposées de la structure (101) et qui sont orientés sur un axe transversale du fuselage.
- [Revendication 11] Aéronef militaire (100) selon la revendication 10, dans lequel le dispositif de surveillance comprend autant d'unités de mesure inertielle (3) que de capteurs optroniques (2) et chaque unité de mesure inertielle (3) est fixée à la structure (101) au voisinage de chaque capteur optronique (2).
- [Revendication 12] Procédé de surveillance d'un espace environnant un aéronef militaire (100) pourvu d'une pluralité N de capteurs optroniques (2) et d'au moins une unité de mesure inertielle (3) qui sont reliés à une unité électronique de traitement (1), les capteurs optroniques (2) ayant un champ individuel prédéterminé et étant fixés sur l'aéronef de manière à avoir un champ global correspondant sensiblement à l'espace à surveiller, le procédé comprenant les étapes de :
- recevoir de chaque capteur optronique (2) une pluralité de

signaux images correspondant à des images capturées successivement pendant une durée prédéterminée ;

- recalcr ensemble les images des différents capteurs les unes par rapport aux autres, dans un repère commun à tous les capteurs, à partir de données de positionnement inertiel fournies par l'unité de mesure inertielle (3) ;
- déclencher une alerte lorsque plusieurs des images comprennent, après recalage dans le repère commun à tous les capteurs, une même zone ayant une intensité supérieure à un seuil prédéterminé ;

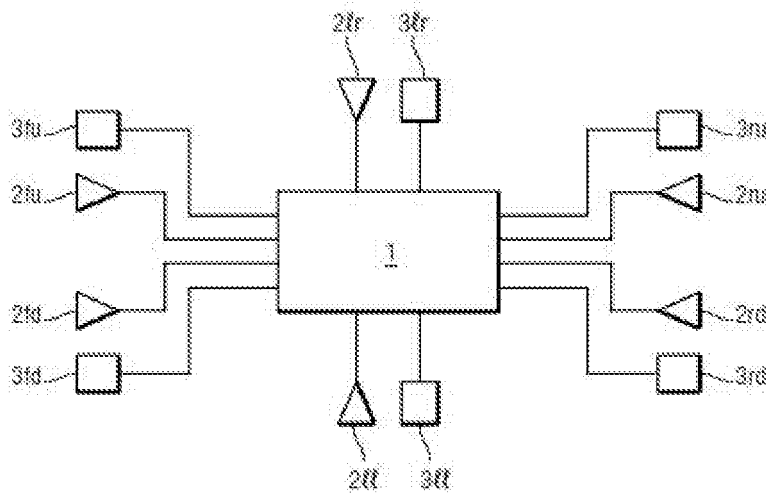
de telle manière que :

- à chaque instant t chaque capteur optronique n fournit une image $image_capteur(n)_instant(t)$;
- ces images sont recalées à chaque instant t dans un repère commun à tous les capteurs pour fournir une macro-image telle que

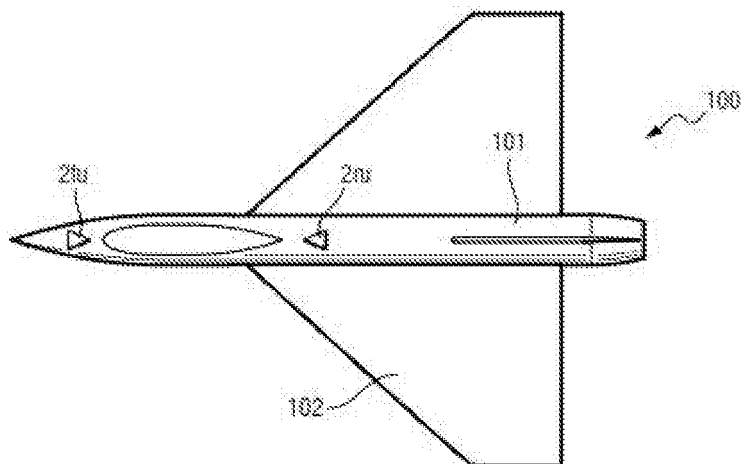
$$macro_image_instant(t) = \sum_1^N image_capteur(n)_instant(t) ;$$

- les macro-images d'une série de macro-images, correspondant à des instants successifs, sont recalées les unes par rapport aux autres dans le repère commun pour y détecter la zone ayant une intensité supérieure à un seuil prédéterminé.

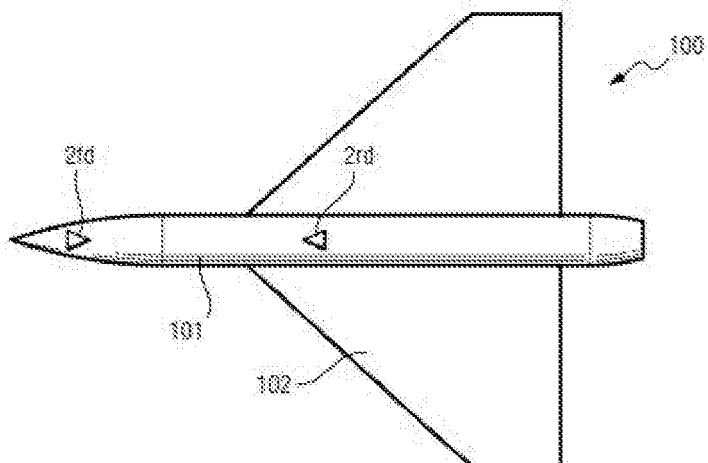
[Fig. 1]



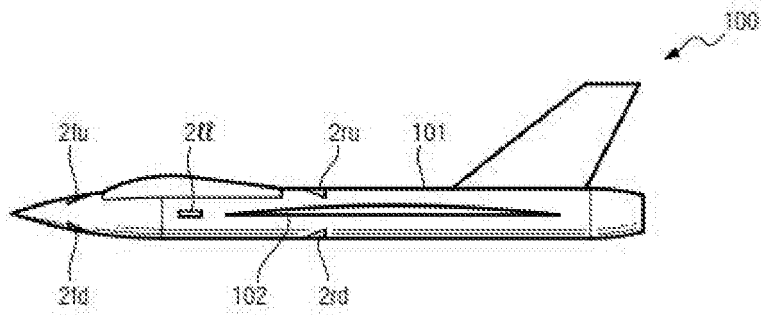
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.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'ETABLISSEMENT DU PRESENT 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 CITES DANS LE PRESENT 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

US 2008/018520 A1 (MOREAU DOMINIQUE [FR])
24 janvier 2008 (2008-01-24)

FR 2 706 599 A1 (EUROCOPTER FRANCE [FR])
23 décembre 1994 (1994-12-23)

US 2006/066730 A1 (EVANS DANIEL B JR [US]
ET AL) 30 mars 2006 (2006-03-30)

ZINGONI ANDREA ET AL: "Real-time moving
objects detection and tracking from
airborne infrared camera",
PROCEEDINGS OF SPIE; [PROCEEDINGS OF SPIE
ISSN 0277-786X VOLUME 10524], SPIE, US,
vol. 10434, 5 octobre 2017 (2017-10-05),
pages 104340B-104340B, XP060095676,
DOI: 10.1117/12.2278151
ISBN: 978-1-5106-1533-5

SMITH MOIRA I. ET AL: "Target tracking
for missile warning applications",
SPIE SMART STRUCTURES AND MATERIALS +
NONDESTRUCTIVE EVALUATION AND HEALTH
MONITORING, 2005, SAN DIEGO, CALIFORNIA,
UNITED STATES,
vol. 5428, 25 août 2004 (2004-08-25),
pages 282-293, XP055864322,
US
ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.541482
ISBN: 978-1-5106-4548-6

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

PIERRE FOURNIER ET AL: "AIRIS the
Canadian Hyperspectral Imager",
ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING,
CANADIAN CONFERENCE ON, IEEE, PI,
1 mai 2006 (2006-05-01), pages 64-69,
XP031005011,
ISBN: 978-1-4244-0038-6

US 2014/086454 A1 (BAUER MARC C [US] ET
AL) 27 mars 2014 (2014-03-27)

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

NEANT

