



(11) **EP 4 123 622 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

- (45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
01.05.2024 Bulletin 2024/18

(21) Numéro de dépôt: **22182113.5**

(22) Date de dépôt: **30.06.2022**
- (51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G08G 5/00^(2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
**G08G 5/006; G08G 5/0008; G08G 5/0034;
G08G 5/0039; G08G 5/0043; G08G 5/0069;
G08G 5/0086**

(54) **PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION D'UNE TRAJECTOIRE D'UN AÉRONEF**
VERFAHREN ZUR FLUGBAHNBESTIMMUNG EINES LUFTFAHRZEUGS
METHOD FOR DETERMINING A TRAJECTORY OF AN AIRCRAFT

- | | |
|---|--|
| <p>(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR</p> <p>(30) Priorité: 15.07.2021 FR 2107655</p> <p>(43) Date de publication de la demande:
25.01.2023 Bulletin 2023/04</p> <p>(73) Titulaire: THALES
92190 Meudon (FR)</p> <p>(72) Inventeurs:
• GOUBINAT, Damien
31036 TOULOUSE CEDEX 1 (FR)</p> | <p>• PIERRE, Christophe
31037 TOULOUSE CEDEX 1 (FR)</p> <p>• GOUTTEBROZE, Guillaume
31036 TOULOUSE CEDEX 1 (FR)</p> <p>(74) Mandataire: Atout PI Laplace
Immeuble "Visium"
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)</p> <p>(56) Documents cités:
WO-A1-2021/001768 US-A1- 2020 369 384
US-B1- 8 843 303</p> |
|---|--|

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 4 123 622 B1

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un procédé de détermination d'une trajectoire d'un aéronef, un procédé de synchronisation entre plusieurs aéronefs ainsi que les dispositifs associés.

Technique antérieure

[0002] Pour toute opération militaire aérienne envisagée sur une cible déterminée mobile ou fixe, la phase de préparation de l'action est primordiale. Aujourd'hui, ce sont des opérateurs qui préparent les missions manuellement au sol à l'aide d'une situation tactique disponible suffisamment en avance. Sur la base de ces événements, ces opérateurs déterminent un plan de vol et une trajectoire à suivre par l'aéronef pour accomplir sa mission. Ces éléments sont ensuite intégrés au système de gestion de vol désigné par la terminologie anglo-saxonne de « Flight Management System » (FMS), qui met cette trajectoire à disposition du pilote.

[0003] Les opérateurs peuvent inclure dans la trajectoire « des fusibles » qui permettent d'ajuster temporellement le vol en vue de frapper la cible au moment opportun. Il est connu de l'homme du métier d'utiliser des triangles isocèles pour réaliser lesdits fusibles. Ces triangles isocèles permettent de rallonger la trajectoire pour se prémunir d'aléas. Ces triangles ont une longueur déterminée de sorte à contenir une quantité de temps simple à retenir pour le pilote (une minute par exemple). En fonction de l'avancée de la mission et des aléas rencontrés, les pilotes suivent ou enlèvent ces fusibles de leur trajectoire de façon à rallonger ou raccourcir leur trajectoire et ainsi respecter la contrainte temporelle.

[0004] Bien que l'utilisation des triangles isocèles permette d'ajuster la trajectoire de l'aéronef au cours du vol, elle nécessite cependant de la part du pilote une attention particulière pour décider d'enlever ou de suivre ces triangles. La charge mentale du pilote est alors augmentée au cours du vol avec ce procédé de gestion de la trajectoire. En outre, l'évolution de la situation tactique sur le terrain d'opération n'est pas réellement prise en compte car le pilote peut ne pas avoir un accès direct à ces informations. Il ne peut donc pas décider en toute connaissance de cause de l'opportunité d'enlever ou de suivre ces fusibles d'un point de vue tactique.

[0005] Il existe donc un besoin de proposer un procédé de détermination d'une trajectoire d'un aéronef qui soit plus simple à mettre en oeuvre et qui prenne en compte l'évolution de la situation tactique sur le terrain d'opération. Le document US 8 843 303 B1 divulgue un procédé de détermination d'une trajectoire d'un aéronef destiné à voler sur un terrain d'opération en vue de réaliser une action sur une cible et représente un exemple de l'art antérieur.

Exposé de l'invention

[0006] La présente invention vise à remédier au moins en partie à ce besoin.

5 **[0007]** Plus particulièrement, la présente invention a pour objectif de faciliter l'utilisation de zones sécurisées afin de générer des possibilités de pertes de temps au cours d'un vol par l'utilisation de formes de trajectoire prédéterminées.

10 **[0008]** Un premier objet de l'invention concerne un procédé de détermination d'une trajectoire d'un aéronef destiné à voler sur un terrain d'opération en vue de réaliser une action sur une cible à un instant donné. Le terrain d'opération comporte une pluralité de zones sécurisées et une pluralité de zones non sécurisées. La trajectoire comporte une pluralité de points intermédiaires entre un point de départ de ladite trajectoire et la cible, lesdits points intermédiaires étant positionnés sur des frontières entre des zones sécurisées et des zones non sécurisées.
15 Le procédé est mis en oeuvre par des moyens informatiques. Le procédé de détermination comprend une étape de calcul d'un ensemble de tronçons entre ledit point de départ, lesdits points intermédiaires et ladite cible. L'ensemble de tronçons comporte un premier type de tronçons s'étendant sur des zones non sécurisées et un second type de tronçons s'étendant sur des zones sécurisées. Le premier type de tronçons a une forme globalement rectiligne de sorte à limiter le temps passé par l'aéronef dans les zones non sécurisées et ledit second type de tronçons a une forme sinueuse de sorte à autoriser une réserve de temps pour ajuster dans le temps la position de l'aéronef vis-à-vis de la cible.
20 25 30

35 **[0009]** Ainsi, l'invention propose de déterminer ou d'attribuer aux différentes zones du terrain d'opération des niveaux de risque. Pour des raisons de mise en oeuvre de l'opération, il est parfois nécessaire à l'aéronef de survoler des zones non sécurisées présentant un haut niveau de risque. Dans une zone non sécurisée, on cherche à minimiser la présence temporelle de l'aéronef. La trajectoire va alors présenter une forme globalement rectiligne. Par « forme rectiligne », on entend une forme qui est en ligne droite. Les zones sécurisées présentant un niveau de risque moindre vont pouvoir constituer des réservoirs de temps. Dans ces zones sécurisées, la trajectoire de l'aéronef va pouvoir prendre une forme sinueuse pour permettre un rallongement du temps de vol en vue de synchroniser l'aéronef avec la cible. Il est ainsi possible de modifier des paramètres de distance, de durée, de variation d'angle de route entre segments, de vitesse, de pente sur le tronçon pour obtenir une telle forme sinueuse. La forme sinueuse est également appelée forme non-rectiligne. Le procédé permet ainsi d'allonger la trajectoire à l'aide de portions de trajectoire qui sont volables et dont la longueur/durée peut varier au cours du vol. Les portions de trajectoires sont déterminées à l'avance et constituent des « patterns » de perte de temps. Ces patterns de perte de temps peuvent résulter d'une optimisation numérique ou bien être issus de l'expertise des
40 45 50 55

pilotes. Enfin, le procédé améliore l'autonomie globale de l'aéronef.

[0010] Dans un mode de réalisation particulier, l'étape de calcul de l'ensemble de tronçons est réalisée à partir :

- d'une trame de trajectoire, ladite trame de trajectoire comportant une succession de segments entre le point de départ, les points intermédiaires et la cible ;
- d'au moins une primitive de trajectoire choisie parmi une pluralité de primitives de trajectoire.

[0011] La trame de trajectoire constitue une trajectoire de base discrétisée en différents points intermédiaires. Cette trame de trajectoire tient compte des contraintes géométriques et des contraintes tactiques du terrain d'opération. Les portions de trajectoire de cette trame de trajectoire sont cependant toutes rectilignes entre les différents points intermédiaires. Afin de constituer des réservoirs de temps, une partie de ces portions rectilignes sont modifiée en portions sinueuses. Ces modifications sont réalisées à partir de primitives de trajectoire. Les primitives de trajectoire sont issues d'une base de données qui comprend des portions normalisées de trajectoires représentant différents types de trajectoires (rapides, furtives, LLF pour « Low Level Flight », en fonction d'un critère de perte de temps, en fonction d'un critère d'économie de carburant) pour différents aéronefs. Pour chaque aéronef, différentes configurations aérodynamiques ou d'emports sont prises en compte.

[0012] Dans un mode de réalisation particulier, la trame de trajectoire est obtenue à partir d'une planification de trajectoire et d'une contrainte temporelle associée à l'instant donné de réalisation de l'action sur la cible.

[0013] Cela permet une adaptation en temps réel de la trajectoire en fonction des évolutions du contexte opérationnel du terrain d'opération.

[0014] Un autre objet de l'invention concerne un dispositif pour la détermination d'une trajectoire d'un aéronef destiné à voler sur un terrain d'opération en vue de réaliser une action sur une cible à un instant donné. Le terrain d'opération comporte une pluralité de zones sécurisées et une pluralité de zones non sécurisées. La trajectoire comporte une pluralité de points intermédiaires entre un point de départ de ladite trajectoire et la cible, lesdits points intermédiaires étant positionnés sur des frontières entre des zones sécurisées et des zones non sécurisées. Le dispositif comprend, plus particulièrement, un module de calcul d'un ensemble de tronçons entre ledit point de départ, lesdits points intermédiaires et ladite cible, ledit ensemble de tronçons comportant un premier type de tronçons s'étendant sur des zones non sécurisées et un second type de tronçons s'étendant sur des zones sécurisées. Le premier type de tronçons a une forme globalement rectiligne de sorte à limiter le temps passé par l'aéronef dans ladite zone non sécurisée et le second type de tronçons a une forme sinueuse de sorte à autoriser une réserve de temps pour ajuster une position de l'aéronef sur la cible audit instant donné en vue

de réaliser l'action.

[0015] Dans un mode de réalisation particulier, le dispositif comprend une base de données de situation tactique et un algorithme intelligent adapté pour déterminer un niveau de risque pour chacune des zones à partir de ladite base de données de situation tactique.

[0016] L'algorithme intelligent se base sur les données issues de la situation tactique augmentée par des données issues des experts opérationnels et des missions passées. Toutes ces informations combinées sont alors traitées par un bloc issu de l'intelligence artificielle qui par apprentissage pourra associer un niveau de dangerosité et un type de menace susceptible d'être rencontré dans une zone considérée.

[0017] Un autre objet de l'invention concerne un procédé de synchronisation d'actions sur une cible entre un premier aéronef destiné à voler sur un terrain d'opération en vue de réaliser une première action sur ladite cible à un premier instant donné et au moins un second aéronef destiné à voler sur ledit terrain d'opération en vue de réaliser une seconde action sur ladite cible à un second instant donné. Le terrain d'opération comporte une pluralité de zones sécurisées et une pluralité de zones non sécurisées. Chaque aéronef a une trajectoire comportant une pluralité de points intermédiaires entre un point de départ et la cible. Les points intermédiaires sont positionnés sur des frontières entre des zones sécurisées et des zones non sécurisées. Le procédé est mis en oeuvre par des moyens informatiques. Le procédé comprenant pour chaque aéronef, une étape de calcul d'un ensemble de tronçons entre ledit point de départ, lesdits points intermédiaires et ladite cible, ledit ensemble de tronçons comportant un premier type de tronçons s'étendant sur des zones non sécurisées et un second type de tronçons s'étendant sur des zones sécurisées. Le premier type de tronçons a une forme globalement rectiligne de sorte à limiter le temps passé par ledit aéronef dans les zones non sécurisées. Le second type de tronçons a une forme sinueuse de sorte à autoriser une réserve de temps pour ajuster la position dudit aéronef sur la cible audit instant donné en vue de réaliser ladite action. Le premier instant donné et le second instant donné sont sélectionnés de sorte à synchroniser la première action réalisée par le premier aéronef et la seconde action réalisée par le second aéronef sur ladite cible.

[0018] Il est ainsi possible de déterminer des trajectoires de plusieurs aéronefs synchronisées spatio-temporellement dans un environnement contraint en vue d'assurer un succès de la mission.

[0019] Un autre objet de l'invention concerne un dispositif de synchronisation pour la synchronisation d'actions sur une cible entre un premier aéronef destiné à voler sur un terrain d'opération en vue de réaliser une première action sur ladite cible à un premier instant donné et au moins un second aéronef destiné à voler sur ledit terrain d'opération en vue de réaliser une seconde action sur ladite cible à un second instant donné. Le terrain d'opération comporte une pluralité de zones sécuri-

sées et une pluralité de zones non sécurisées. Chaque aéronef a une trajectoire comportant une pluralité de points intermédiaires entre un point de départ et la cible. Les points intermédiaires sont positionnés sur des frontières entre des zones sécurisées et des zones non sécurisées. Le dispositif de synchronisation comprend un module de calcul adapté pour calculer, pour chacun desdits aéronefs, un ensemble de tronçons entre ledit point de départ, lesdits points intermédiaires et ladite cible. L'ensemble de tronçons comporte un premier type de tronçons s'étendant sur des zones non sécurisées et un second type de tronçons s'étendant sur des zones sécurisées, ledit premier type de tronçons ayant une forme globalement rectiligne de sorte à limiter le temps passé par l'aéronef dans ladite zone non sécurisée et ledit second tronçon ayant une forme sinueuse de sorte à autoriser une réserve de temps pour ajuster la position de l'aéronef sur la cible audit instant donné en vue de réaliser l'action. Le premier instant donné et le second instant donné sont sélectionnés de sorte à synchroniser la première action réalisée par le premier aéronef et la seconde action réalisée par le second aéronef sur ladite cible.

[0020] Un autre objet de l'invention concerne une plateforme adaptée pour communiquer avec un premier aéronef et au moins avec un second aéronef pour la synchronisation d'actions sur une cible, ladite plateforme comprenant un dispositif de synchronisation selon un des objets précédents.

[0021] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée de modes de réalisation pris à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels :

[Fig 1] la figure 1 illustre un terrain d'opération sur lequel est positionnée une trajectoire d'un aéronef obtenu selon un procédé de détermination d'une trajectoire selon l'invention ;

[Fig 2] la figure 2 illustre le terrain d'opération de la figure 1 avec un trame de trajectoire utilisée pour déterminer la trajectoire de l'aéronef ;

[Fig 3] la figure 3 illustre un dispositif pour la détermination de la trajectoire de l'aéronef de la figure 1 ;

[Fig 4] la figure 4 illustre les étapes d'un procédé de détermination de la trajectoire de l'aéronef de la figure 1 ;

[Fig 5] la figure 5 illustre un terrain d'opération sur lequel sont positionnées des trajectoires de deux aéronefs en vue de réaliser des actions synchronisées sur une cible selon un procédé de synchronisation ;

[Fig 6] la figure 6 illustre un dispositif de synchronisation pour la synchronisation d'actions des aéronefs de la figure 5 ;

[Fig 7] la figure 7 illustre les étapes d'un procédé de synchronisation pour la synchronisation d'actions des aéronefs de la figure 5.

[0022] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et variantes présentées et d'autres modes de réalisation et variantes apparaîtront clairement à l'homme du métier.

[0023] La figure 3 illustre ainsi un dispositif 100 pour la détermination de la trajectoire d'un aéronef 10. Ce dispositif 100 comprend :

- une base de données de situation tactique SITAC ;
- un algorithme intelligent 101 ;
- un module de discrétisation 102 ;
- un module de calcul 103 ;
- une base de données 104 de primitives.

[0024] La base de données de situation tactique SITAC est adaptée pour stocker l'ensemble des informations décrivant les caractéristiques d'un terrain d'opération 11, telles que des caractéristiques topographiques Topo et des présences ennemies Oppo.

[0025] L'algorithme intelligent 101 est adapté pour découper le terrain d'opération 11 en une pluralité de zones Z1, Z2, Z3, Z4 et à attribuer à chacune de ces zones un niveau de risque N1, N2. Un premier niveau de risque N1 correspond à un niveau faible de dangerosité. Un second niveau de risque N2 correspond à un niveau élevé de dangerosité. Ainsi, dans le terrain d'opération 11 illustré aux figures 1 et 2, une première zone Z1 et une troisième zone Z3 présentent un niveau de risque N1 faible. Ces zones Z1, Z3 sont dites des zones sécurisées. De la même manière, une seconde zone Z2 et une quatrième zone Z4 présentent un niveau de risque N2 élevé. Ces zones Z2, Z4 sont dites non sécurisées. L'algorithme intelligent 101 est ainsi adapté pour gérer les niveaux de risque des différentes zones.

[0026] Le module de discrétisation 102 est adapté pour déterminer une trame de trajectoire de l'aéronef 10 sur les zones sécurisées Z1, Z3 et sur les zones non sécurisées Z2, Z4. Comme il est plus particulièrement illustré sur la figure 2, cette trame de trajectoire comprend une succession de segments S1, S2, S3, S4 disposés entre un point de départ 12 de l'aéronef 10 et une cible 13. Les segments S1, S2, S3, S4 se présentent sous la forme de traits reliant une pluralité de points intermédiaires P1, P2, P3, P4. Ainsi, un premier segment S1 relie le point de départ 12 à un premier point intermédiaire P1. Un second segment S2 relie le premier point intermédiaire P1 à un second point intermédiaire P2. Un troisième segment S3 relie le second point intermédiaire P2 à un troisième point intermédiaire P3. Un quatrième segment S4 relie le troisième point intermédiaire P3 à un quatrième point intermédiaire P4. Un cinquième segment S5 relie le quatrième point intermédiaire P4 à la cible 13. Les points intermédiaires P1, P2, P3, P4 sont positionnés sur des frontières entre les zones sécurisées Z1, Z3 et les

zones non sécurisées Z2, Z4. C'est ainsi que le premier point intermédiaire P1 est à l'interface entre la première zone sécurisée Z1 et la seconde zone non sécurisée Z2. Le second point intermédiaire P2 est également à l'interface entre la première zone sécurisée Z1 et la seconde zone non sécurisée Z2. Le troisième point intermédiaire P3 est à l'interface entre la première zone sécurisée Z1 et la quatrième zone non sécurisée Z4. Le quatrième point intermédiaire P4 est à l'interface entre la quatrième zone non sécurisée Z4 et la troisième zone sécurisée Z3.

[0027] La trame de trajectoire est obtenue à partir d'une planification de trajectoire Planif et d'une contrainte temporelle associée à un instant donné T_{id} de réalisation d'une action sur la cible 13. Le module de discrétisation 102 permet alors d'introduire la trame de trajectoire sur le terrain d'opération 11 en tenant compte des contraintes de sûreté de chaque zone Z1, Z2, Z3, Z4 et de la contrainte temporelle T_{id} .

[0028] La base de données 104 est adaptée pour stocker une pluralité de primitives Prim. Ces primitives sont des trajectoires normalisées, répondant à des problématiques spécifiques pour un aéronef précis dans une configuration donnée. Cette base de données de primitives comprend les différents aéronefs tels que les chasseurs, drones, drones UCAV (pour « Unmanned Combat Air Vehicle » en anglais), drones de surveillance, hélicoptères, effecteurs déportés (ou « remote carrier » en anglais), etc. ainsi que leurs différentes configurations (dépendants des emports, ...) qui représentent un modèle de performance pour la trajectoire. Pour chaque module de performance, une ou plusieurs primitives sont en regard de chaque niveau de dangerosité et de types de menaces détectés. Les primitives peuvent représenter des trajectoires qui sont, par exemple, les plus rapides en temps les plus courtes en distance, les plus furtives, les plus économes en carburant, etc.

[0029] Le module de calcul 103 est adapté pour déterminer un ensemble de tronçons T1, T2, T3, T4 entre le point de départ 12, les points intermédiaires P1, P2, P3, P4 et la cible 13. Ce module de calcul 103 reçoit ainsi la localisation de la pluralité des points intermédiaires P1, P2, P3, P4 sur le terrain d'opération 11 ainsi que les segments S1, S2, S3, S4 entre le point de départ 12 et la cible 13. Le module de calcul 103 reçoit également une ou plusieurs primitives provenant de la base de données 104. A partir de ces différents éléments, le module de calcul 103 est apte à délivrer une trajectoire adaptée. Cette trajectoire comprend ainsi deux types de tronçons. Dans un premier type de tronçons, un second tronçon T2 et un quatrième tronçon T4 présentent des formes rectilignes qui s'étendent respectivement dans la seconde zone non sécurisée Z2 et dans la quatrième zone non sécurisée Z4. Le premier type de tronçons de forme rectiligne permet ainsi de limiter le temps passé par l'aéronef 10 dans les zones non sécurisées Z2, Z4. Le second tronçon T2 correspond ainsi au second segment S2 de la trame de trajectoire et le quatrième tronçon T4 correspond au quatrième segment S4 de ladite trame de

trajectoire. Dans un second type de tronçons, un premier tronçon T1, un troisième tronçon T3 et un cinquième tronçon T5 présentent des formes sinueuses qui s'étendent respectivement dans la première zone sécurisée Z1 et dans la troisième zone sécurisée Z3. Le second type de tronçons de forme sinueuse permet d'autoriser une réserve de temps pour ajuster une position de l'aéronef 10 sur la cible 13 à l'instant donné T_{id} en vue de réaliser l'action sur la cible 13. Cette réserve de temps autorise le pilote de l'aéronef à avoir « des fusibles » dans sa trajectoire ce qui lui permet d'adapter au mieux son vol aux contraintes de temps durant l'opération. Le dispositif 100 pour la détermination de la trajectoire permet ainsi de placer des « patterns » de temps à des endroits stratégiques pour la réalisation de la mission. En utilisant les différentes informations issues de la situation tactique, par data fusion, le dispositif 100 détermine les différentes zones présumées sûres de la zone de mission. Les « patterns » de perte de temps peuvent alors être insérés dans la trajectoire de manière optimale.

[0030] La figure 4 illustre les étapes d'un procédé de détermination d'une trajectoire de l'aéronef 10 mis en oeuvre par le dispositif de détermination 100 de la figure 3. Ce procédé de détermination comprend une étape E1 de découpage du terrain d'opération 11 en une pluralité de zones Z1, Z2, Z3, Z4. Pour chacune de ces zones, un niveau de risque N1, N2 est associé. Dans une étape E2 de discrétisation, la trame de trajectoire de l'aéronef 10 est déterminée sur les zones sécurisées Z1, Z3 et sur les zones non sécurisée Z2, Z4. Comme il a déjà été précisé, cette trame de trajectoire comprend une succession de segments S1, S2, S3, S4, S5 entre le point de départ 12, les points intermédiaires P1, P2, P3, P4 et la cible 13. Cette trame de trajectoire est obtenue à partir de la planification de trajectoire Planif et de la contrainte temporelle associée à l'instant donné T_{id} de réalisation de l'action sur la cible 13. Dans une étape de calcul E3, un ensemble de tronçons T1, T2, T3, T4, T5 est calculé. Cet ensemble de tronçons est déterminé à partir de la trame de trajectoire et d'au moins une primitive de trajectoire Prim choisie parmi une pluralité de primitives de trajectoire.

[0031] On notera que la trajectoire de l'aéronef 10 peut être mise à jour par ce procédé de détermination au cours du vol de l'aéronef 10 sur le terrain d'opération 11. En outre, le procédé de détermination est adapté pour gérer l'impact d'aléas sur différents tronçons avec propagation des effets.

[0032] La figure 5 illustre un terrain d'opération 11 survolé par deux aéronefs 10, 10'. Le premier aéronef 10 suit une première trajectoire du premier point de départ 12 jusqu'à la cible 13 en passant par un premier groupe de premiers points intermédiaires P1, P2, P3, P4. Cette trajectoire a été plus particulièrement détaillée lors de la description de la figure 1.

[0033] Le second aéronef 10' suit une seconde trajectoire d'un second point de départ 12' jusqu'à la cible 13 en passant par un second groupe de points intermédiaires

res P'1, P'2, P'3, P'4. Les points intermédiaires P'1, P'2, P'3, P'4 de ce second groupe de points sont positionnés sur des frontières entre les zones sécurisées Z1, Z3 et les zones non sécurisées Z2, Z4. C'est ainsi que le premier point intermédiaire P'1 est à l'interface entre la première zone sécurisée Z1 et la seconde zone non sécurisée Z2. Le second point intermédiaire P'2 est également à l'interface entre la première zone sécurisée Z1 et la seconde zone non sécurisée Z2. Le troisième point intermédiaire P'3 est à l'interface entre la première zone sécurisée Z1 et la quatrième zone non sécurisée Z4. Le quatrième point intermédiaire P'4 est à l'interface entre la quatrième zone non sécurisée Z4 et la troisième zone sécurisée Z3. La trajectoire du second aéronef 10' comprend deux types de tronçons. Dans un premier type de tronçons, un second tronçon T'2 et un quatrième tronçon T'4 présentent des formes rectilignes qui s'étendent respectivement dans la seconde zone non sécurisées Z2 et dans la quatrième zone non sécurisée Z4. Le premier type de tronçons de forme rectiligne permet ainsi de limiter le temps passé par le second aéronef 10' dans les zones non sécurisées Z2, Z4. Dans un second type de tronçons, un premier tronçon T'1 et un troisième tronçon T'3 présentent des formes sinueuses qui s'étendent respectivement dans la première zone sécurisée Z1 et dans la troisième zone sécurisée Z3. Le second type de tronçons de forme sinueuse permet d'autoriser une réserve de temps pour ajuster une position du second aéronef 10' sur la cible 13 à l'instant donné T'_{id} en vue de réaliser l'action sur la cible 13. Les actions du premier aéronef 10 et du second aéronef 10' sur la cible 13 doivent être synchronisées pour un bon succès de l'opération.

[0034] La figure 6 illustre un dispositif de synchronisation 200 pour la synchronisation d'actions sur la cible 13. Ce dispositif 200 comprend, de la même manière que pour le dispositif 100 de la figure 3 :

- une base de données de situation tactique SITAC ;
- un algorithme intelligent 201 ;
- un module de discrétisation 202 ;
- un module de calcul 203 ;
- une base de données 204 de primitives.

[0035] Le module de discrétisation 202 est adapté pour déterminer une première trame de trajectoire pour le premier aéronef 10 et une seconde trame de trajectoire pour le second aéronef 10' sur les zones sécurisées Z1, Z3 et sur les zones non sécurisées Z2, Z4. La première trame de trajectoire est déterminée à partir de la planification de trajectoire Planif et de la contrainte temporelle T_{id} associée au premier aéronef 10. La seconde trame de trajectoire est déterminée à partir de la planification de trajectoire Planif et de la contrainte temporelle T'_{id} associé au second aéronef 10'. Le premier instant donné T_{id} et le second instant donné T'_{id} sont préalablement sélectionnés de sorte à synchroniser la première action réalisée par le premier aéronef 10 et la seconde action réalisée par le second aéronef 10' sur la cible 13.

[0036] Le module de calcul 203 est adapté pour déterminer un premier ensemble de tronçons T1, T2, T3, T4 entre le premier point de départ 12, le premier groupe de points intermédiaires P1, P2, P3, P4 et la cible 13. Ce module de calcul 203 reçoit ainsi la localisation de la pluralité du premier groupe de points intermédiaires P1, P2, P3, P4 sur le terrain d'opération 11. De la même manière, le module de calcul 203 est adapté pour déterminer un second ensemble de tronçons T'1, T'2, T'3, T'4 entre le second point de départ 12', le premier groupe de points intermédiaires P1, P2, P3, P4 et la cible 13. Ce module de calcul 203 est apte ainsi à recevoir la localisation de la pluralité du second groupe de points intermédiaires P'1, P'2, P'3, P'4 sur le terrain d'opération 11.

[0037] Le module de calcul 203 est apte à recevoir également une première primitive Prim pour la détermination du premier ensemble de tronçons T1, T2, T3, T4 et une seconde primitive Prim' pour la détermination du second ensemble de tronçons T'1, T'2, T'3, T'4. La première primitive Prim et la seconde primitive Prim' sont identiques. En variante, la première primitive Prim et la seconde primitive Prim' sont différentes.

[0038] Le dispositif de synchronisation 200 peut être disposé sur une plateforme 10", par exemple une plateforme installée sur un autre aéronef. Cette plateforme 10" est adaptée pour communiquer avec le premier aéronef 10 et le second aéronef 10' pour la synchronisation des actions sur la cible 13. Préférentiellement, la synchronisation se fait sur l'aéronef (10 ou 10') auquel est associé l'instant donné (T_{id} ou T'_{id}) le plus imminent en vue de réaliser l'action sur la cible. Dans un mode de réalisation particulier le premier aéronef 10 et le second aéronef 10' ont une vitesse constante et une altitude constante, la synchronisation consiste alors à modifier le temps de départ du second aéronef 10'. Dans un autre mode de réalisation, le premier aéronef 10 et le second aéronef 10' sont synchronisés en modifiant les caractéristiques de longueur, de variation d'angle de route entre segments, de vitesse et/ou d'altitude des trajectoires respectives du premier aéronef 10 et/ou du second aéronef 10'.

[0039] La figure 7 illustre les étapes d'un procédé de synchronisation d'actions sur la cible 13 entre le premier aéronef 10 et le second aéronef 10'. Ce procédé de détermination comprend une étape E'1 de découpage du terrain d'opération 11 en une pluralité de zones Z1, Z2, Z3, Z4. Pour chacune de ces zones, un niveau de risque N1, N2 est associé. Dans une étape E'2 de discrétisation, la première trame de trajectoire du premier aéronef 10 et la seconde trame de trajectoire du second aéronef 10' sont déterminées sur les zones sécurisées Z1, Z3 et sur les zones non sécurisées Z2, Z4. La première trame de trajectoire est obtenue à partir de la planification de trajectoire Planif et de la première contrainte temporelle T_{id} . La seconde trame de trajectoire est obtenue à partir de la planification de trajectoire Planif et de la seconde contrainte temporelle T'_{id} . Le premier instant donné T_{id} et le second instant donné T'_{id} sont préalablement sélection-

nés de sorte à synchroniser la première action réalisée par le premier aéronef 10 et la seconde action réalisée par le second aéronef 10' sur la cible 13.

[0040] Dans une étape E'3, un premier ensemble de tronçons T1, T2, T3, T4 et un second ensemble de tronçons T'1, T'2, T'3, T'4 sont calculés. Le premier ensemble de tronçons est déterminé à partir de la première trame de trajectoire et d'au moins une première primitive de trajectoire Prim choisie parmi une pluralité de primitives de trajectoire. Le second ensemble de tronçons est déterminé à partir de la seconde trame de trajectoire et d'au moins une seconde primitive de trajectoire Prim' choisie parmi une pluralité de primitives de trajectoire.

[0041] L'invention propose ainsi de combiner des méthodes d'optimisations globales et locales augmentées par l'apport de données via du data-fusion et/ou de l'intelligence artificielle. Des zones acceptables pour une perte de temps sont déterminées ainsi que des patterns plus réalistes (trajectoire volatile) pour les tronçons fusibles.

[0042] L'invention propose également de déterminer par un algorithme intelligent des zones sûres pour introduire ces patterns de temps et assurer le respect des contraintes de temps, d'utiliser différentes primitives de trajectoires pour créer la trajectoire sous contraintes en fonction du contexte opérationnelle de la zone, ces primitives de trajectoire étant en adéquation avec un niveau de menace/dangerosité exprimé par l'algorithme intelligent. L'invention permet également de déterminer des routes et trajectoires pour chaque aéronef, dans un environnement contraint avec insertion de pattern de perte de temps.

[0043] L'invention facilite ainsi la planification des missions mais également la planification de nouveaux vols lors d'une évolution de la situation tactique ou lors d'un événement imprévu.

[0044] En outre, au niveau opérationnel, la synchronisation spatio-temporelle multi-porteur permet de faire diminuer la charge mentale du pilote tout en automatisant les calculs.

Revendications

1. Procédé de détermination d'une trajectoire d'un aéronef (10) destiné à voler sur un terrain d'opération (11) en vue de réaliser une action sur une cible (13) à un instant donné (Id), ledit terrain d'opération (11) comportant une pluralité de zones sécurisées (Z1, Z3) et une pluralité de zones non sécurisées (Z2, Z4), ladite trajectoire comportant une pluralité de points intermédiaires (P1, P2, P3, P4) entre un point de départ (12) de ladite trajectoire et la cible (13), lesdits points intermédiaires (P1, P2, P3, P4, P5) étant positionnés sur des frontières entre des zones sécurisées et des zones non sécurisées, ledit procédé étant mis en oeuvre par des moyens informatiques, où ledit procédé de détermination comprend une éta-

pe de calcul (E3) d'un ensemble de tronçons (T1, T2, T3, T4, T5) entre ledit point de départ (12), lesdits points intermédiaires (P1, P2, P3, P4) et ladite cible (13), ledit ensemble de tronçons (T1, T2, T3, T4) comportant un premier type de tronçons (T2, T4) s'étendant sur des zones non sécurisées (Z2, Z4) et un second type de tronçons (T1, T3) s'étendant sur des zones sécurisées (Z1, Z3), ledit premier type de tronçons (T2, T4) ayant une forme globalement rectiligne de sorte à limiter le temps passé par l'aéronef (10) dans les zones non sécurisées (Z2, Z4) et ledit second type de tronçons (T1, T3) ayant une forme sinueuse de sorte à autoriser une réserve de temps pour ajuster une position de l'aéronef (10) sur la cible (13) audit instant donné (T_{id}) en vue de réaliser l'action.

2. Procédé de détermination d'une trajectoire selon la revendication 1, dans lequel l'étape de calcul (E3) de l'ensemble de tronçons (T1, T2, T3, T4, T5) est réalisée à partir :

- d'une trame de trajectoire, ladite trame de trajectoire comportant une succession de segments (S1, S2, S3, S4, S5) entre le point de départ (12), les points intermédiaires (P1, P2, P3, P4) et la cible (13) ;

- d'au moins une primitive de trajectoire (Prim) choisie parmi une pluralité de primitives de trajectoire.

3. Procédé de détermination d'une trajectoire selon la revendication 2, dans lequel la trame de trajectoire est obtenue à partir d'une planification de trajectoire (Planif) et d'une contrainte temporelle associée à l'instant donné (T_{id}) de réalisation de l'action sur la cible (13).

4. Procédé de détermination d'une trajectoire selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel ladite trajectoire est mise à jour au cours du vol de l'aéronef (10) sur le terrain d'opération (11).

5. Dispositif pour la détermination d'une trajectoire d'un aéronef (10) destiné à voler sur un terrain d'opération (11) en vue de réaliser une action sur une cible (13) à un instant donné (Id), ledit terrain d'opération (11) comportant une pluralité de zones sécurisées (Z2, Z4) et une pluralité de zones non sécurisées (Z1, Z3), ladite trajectoire comportant une pluralité de points intermédiaires (P1, P2, P3, P4) entre un point de départ (12) de ladite trajectoire et la cible (13), lesdits points intermédiaires (P1, P2, P3, P4, P5) étant positionnés sur des frontières entre des zones sécurisées et des zones non sécurisées, ledit dispositif comprenant :

- un module de calcul (103) d'un ensemble de

- tronçons (T1, T2, T3, T4, T5) entre ledit point de départ (12), lesdits points intermédiaires (P1, P2, P3, P4) et ladite cible (13), ledit ensemble de tronçons (T1, T2, T3, T4) comportant un premier type de tronçons (T2, T4) s'étendant sur des zones non sécurisées (Z2, Z4) et un second type de tronçons (T1, T3) s'étendant sur des zones sécurisées (Z1, Z3), ledit premier type de tronçons (T2, T4) ayant une forme globalement rectiligne de sorte à limiter le temps passé par l'aéronef (10) dans les zones non sécurisées (Z2, Z4) et ledit second type de tronçons (T1, T3, T5) ayant une forme sinueuse de sorte à autoriser une réserve de temps pour ajuster une position de l'aéronef (10) sur la cible (13) audit instant donné (T_{id}) en vue de réaliser l'action.
6. Dispositif pour la détermination d'une trajectoire selon la revendication 5, dans lequel ledit dispositif (100) comprend une base de données de situation tactique (SITAC) et un algorithme intelligent (101) adapté pour déterminer un niveau de risque (N1, N2) pour chacune des zones (Z1, Z2, Z3, Z4) à partir de ladite base de données de situation tactique (SITAC).
7. Procédé de synchronisation d'actions sur une cible (13) entre un premier aéronef (10) destiné à voler sur un terrain d'opération (11) en vue de réaliser une première action sur ladite cible (13) à un premier instant donné (T_{id}) et au moins un second aéronef (10') destiné à voler sur ledit terrain d'opération (11) en vue de réaliser une seconde action sur ladite cible (13) à un second instant donné (T'_{id}), ledit terrain d'opération (11) comportant une pluralité de zones sécurisées (Z1, Z3) et une pluralité de zones non sécurisées (Z2, Z4), chaque aéronef (10, 10') ayant une trajectoire comportant une pluralité de points intermédiaires (P1, P2, P3, P4 ; P'1, P'2, P'3, P'4) entre un point de départ (12, 12') et la cible (13), lesdits points intermédiaires étant positionnés sur des frontières entre des zones sécurisées et des zones non sécurisées, ledit procédé étant mis en oeuvre par des moyens informatiques, ledit procédé comprend pour chaque aéronef (10 ; 10'), une étape de calcul (E'3) d'un ensemble de tronçons (T1, T2, T3, T4, T5 ; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) entre ledit point de départ (12, 12'), lesdits points intermédiaires (P1, P2, P3, P4 ; P'1, P'2, P'3, P'4) et ladite cible (13), ledit ensemble de tronçons (T1, T2, T3, T4, T5 ; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) comportant un premier type de tronçons (T2, T4 ; T'2 ; T'4) s'étendant sur des zones non sécurisées (Z2, Z4) et un second type de tronçons (T1, T3 ; T'1, T'3) s'étendant sur des zones sécurisées (Z1, Z3), ledit premier type de tronçons (T2, T4 ; T'2 ; T'4) ayant une forme globalement rectiligne de sorte à limiter le temps passé par l'aéronef (10 ; 10') dans les zones non sécurisées (Z2, Z4) et ledit second type de tronçons (T1, T3, T5 ; T'1, T'3, T'5) ayant une forme sinueuse de sorte à autoriser une réserve de temps pour ajuster la position de l'aéronef (10, 10') sur la cible (13) audit instant donné (T_{id} , T'_{id}) en vue de réaliser l'action, ledit premier instant donné (T_{id}) et ledit second instant donné (T'_{id}) étant sélectionnés de sorte à synchroniser la première action réalisée par le premier aéronef (10) et la seconde action réalisée par le second aéronef (10') sur ladite cible (13).
8. Dispositif de synchronisation pour la synchronisation d'actions sur une cible (13) entre un premier aéronef (10) destiné à voler sur un terrain d'opération (11) en vue de réaliser une première action sur ladite cible (13) à un premier instant donné (T_{id}) et au moins un second aéronef (10') destiné à voler sur ledit terrain d'opération (11) en vue de réaliser une seconde action sur ladite cible (13) à un second instant donné (T'_{id}), ledit terrain d'opération (11) comportant une pluralité de zones sécurisées (Z1, Z3) et une pluralité de zones non sécurisées (Z2, Z4), chaque aéronef (10, 10') ayant une trajectoire comportant une pluralité de points intermédiaires (P1, P2, P3, P4 ; P'1, P'2, P'3, P'4) entre un point de départ (12, 12') et la cible (13), lesdits points intermédiaires étant positionnés sur des frontières entre des zones sécurisées et des zones non sécurisées, ledit dispositif de synchronisation (200) comprend un module de calcul (203) adapté pour calculer, pour chacun desdits aéronefs (10, 10'), un ensemble de tronçons (T1, T2, T3, T4, T5 ; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) entre ledit point de départ (12, 12'), lesdits points intermédiaires (P1, P2, P3, P4 ; P'1, P'2, P'3, P'4) et ladite cible (13), ledit ensemble de tronçons comportant un premier type de tronçons (T2, T4 ; T'2, T'4) s'étendant sur des zones non sécurisées (Z2, Z4) et un second type de tronçons (T1, T3, T5 ; T'1, T'3, T'5) s'étendant sur des zones sécurisées (Z1, Z3), ledit premier type de tronçons (T2, T4 ; T'2, T'4) ayant une forme globalement rectiligne de sorte à limiter le temps passé par l'aéronef (10, 10') dans les zones non sécurisées (Z2, Z4) et ledit second type de tronçons (T1, T3, T5 ; T'1, T'3, T'5) ayant une forme sinueuse de sorte à autoriser une réserve de temps pour ajuster la position de l'aéronef (10, 10') sur la cible (13) audit instant donné (T_{id} , T'_{id}) en vue de réaliser l'action, ledit premier instant donné (T_{id}) et ledit second instant donné (T'_{id}) étant sélectionnés de sorte à synchroniser la première action réalisée par le premier aéronef (10) et la seconde action réalisée par le second aéronef (10') sur ladite cible (13).
9. Plateforme adaptée pour communiquer avec un premier aéronef (10) et au moins avec un second aéronef (10') pour la synchronisation d'actions sur une cible (13), ladite plateforme (10'') comprenant un dispositif de synchronisation (200) selon la revendica-

tion 8.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer Flugbahn eines Luftfahrzeugs (10), das zum Fliegen über ein Operationsgebiet (11) bestimmt ist, um zu einem gegebenen Zeitpunkt (Id) eine Aktion an einem Ziel (13) durchzuführen, wobei das Operationsgebiet (11) eine Vielzahl von gesicherten Zonen (Z1, Z3) und eine Vielzahl von ungesicherten Zonen (Z2, Z4) umfasst, wobei die Flugbahn eine Vielzahl von Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4) zwischen einem Ausgangspunkt (12) der Bahn und dem Ziel (13) umfasst, wobei die Zwischenpunkte (P1, P2, P3, P4, P5) an Grenzen zwischen gesicherten Zonen und ungesicherten Zonen liegen, wobei das Verfahren durch Informatikmittel implementiert wird, wobei das Bestimmungsverfahren einen Schritt (E3) des Berechnens eines Satzes von Abschnitten (T1, T2, T3, T4, T5) zwischen dem Ausgangspunkt (12), den Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4) und dem Ziel (13) umfasst, wobei der Satz von Abschnitten (T1, T2, T3, T4) einen ersten Typ von sich über ungesicherte Zonen (Z2, Z4) erstreckenden Abschnitten (T2, T4) und einen zweiten Typ von sich über gesicherte Zonen (Z1, Z3) erstreckenden Abschnitten (T1, T3) aufweist, wobei der erste Typ von Abschnitten (T2, T4) eine allgemein geradlinige Form hat, um die Zeit zu begrenzen, die das Luftfahrzeug (10) in den ungesicherten Zonen (Z2, Z4) verbringt, und der zweite Typ von Abschnitten (T1, T3) eine gewundene Form hat, um eine Zeitreserve zum Anpassen einer Position des Luftfahrzeugs (10) auf dem Ziel (13) zu dem gegebenen Zeitpunkt (T_{id}) zum Durchführen der Aktion zu lassen.
2. Verfahren zum Bestimmen einer Flugbahn nach Anspruch 1, wobei der Schritt (E3) des Berechnens des Satzes von Abschnitten (T1, T2, T3, T4, T5) durchgeführt wird auf der Basis von:
 - einem Flugbahnrahmen, wobei der Flugbahnrahmen eine Folge von Segmenten (S1, S2, S3, S4, S5) zwischen dem Ausgangspunkt (12), den Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4) und dem Ziel (13) aufweist;
 - mindestens einer aus einer Vielzahl von Flugbahnprimitiven ausgewählten Flugbahnprimitive (Prim).
3. Verfahren zum Bestimmen einer Flugbahn nach Anspruch 2, wobei der Flugbahnrahmen auf der Basis einer Flugbahnplanung (Planif) und einer zeitlichen Einschränkung erhalten wird, die mit dem gegebenen Zeitpunkt (T_{id}) der Durchführung der Aktion an dem Ziel (13) assoziiert ist.

4. Verfahren zum Bestimmen einer Flugbahn nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Flugbahn während des Flugs des Luftfahrzeugs (10) über dem Operationsgebiet (11) aktualisiert wird.

5. Vorrichtung zur Bestimmung einer Flugbahn eines Luftfahrzeugs (10), das zum Fliegen über ein Operationsgebiet (11) bestimmt ist, um zu einem gegebenen Zeitpunkt (Id) eine Aktion an einem Ziel (13) durchzuführen, wobei das Operationsgebiet (11) eine Vielzahl von gesicherten Zonen (Z2, Z4) und eine Vielzahl von ungesicherten Zonen (Z1, Z3) aufweist, wobei die Flugbahn eine Vielzahl von Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4) zwischen einem Ausgangspunkt (12) der Flugbahn und dem Ziel (13) aufweist, wobei die Zwischenpunkte (P1, P2, P3, P4, P5) an Grenzen zwischen gesicherten Zonen und ungesicherten Zonen liegen, wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst:

- ein Modul (103) zur Berechnung eines Satzes von Abschnitten (T1, T2, T3, T4, T5) zwischen dem Ausgangspunkt (12), den Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4) und dem Ziel (13), wobei der Satz von Abschnitten (T1, T2, T3, T4) einen ersten Typ von sich über ungesicherte Zonen (Z2, Z4) erstreckenden Abschnitten (T2, T4) und einen zweiten Typ von sich über gesicherte Zonen (Z1, Z3) erstreckenden Abschnitten (T1, T3) aufweist, wobei der erste Typ von Abschnitten (T2, T4) eine allgemein geradlinige Form hat, um die Zeit zu begrenzen, die das Luftfahrzeug (10) in den ungesicherten Zonen (Z2, Z4) verbringt, und der zweite Typ von Abschnitten (T1, T3, T5) eine gewundene Form hat, um eine Zeitreserve zum Anpassen einer Position des Luftfahrzeugs (10) auf dem Ziel (13) zu dem gegebenen Zeitpunkt (T_{id}) zum Durchführen der Aktion zu lassen.

6. Vorrichtung zur Bestimmung einer Flugbahn nach Anspruch 5, wobei die Vorrichtung (100) eine taktische Situationsdatenbank (SITAC) und einen intelligenten Algorithmus (101) umfasst, der zum Bestimmen eines Risikoniveaus (N1, N2) für jede der Zonen (Z1, Z2, Z3, Z4) auf der Basis der taktischen Situationsdatenbank (SITAC) ausgelegt ist.
7. Verfahren zum Synchronisieren von Aktionen an einem Ziel (13) zwischen einem ersten Luftfahrzeug (10), das zum Fliegen über ein Operationsgebiet (11) bestimmt ist, um zu einem ersten gegebenen Zeitpunkt (T_{id}) eine erste Aktion an dem Ziel (13) durchzuführen, und mindestens einem zweiten Luftfahrzeug (10'), das zum Fliegen über dem Operationsgebiet (11) bestimmt ist, um zu einem zweiten gegebenen Zeitpunkt (T'_{id}) eine zweite Aktion an dem Ziel (13) durchzuführen, wobei das Operationsge-

biet (11) eine Vielzahl von gesicherten Zonen (Z1, Z3) und eine Vielzahl von ungesicherten Zonen (Z2, Z4) umfasst, wobei jedes Luftfahrzeug (10, 10') eine Flugbahn hat, die eine Vielzahl von Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4; P'1, P'2, P'3, P'4) zwischen einem Ausgangspunkt (12, 12') und dem Ziel (13) aufweist, wobei die Zwischenpunkte an Grenzen zwischen gesicherten und ungesicherten Zonen liegen, wobei das Verfahren durch Informatikmittel implementiert wird, wobei das Verfahren für jedes Luftfahrzeug (10; 10') einen Schritt des Berechnens (E'3) eines Satzes von Abschnitten (T1, T2, T3, T4, T5; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) zwischen dem Ausgangspunkt (12, 12'), den Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4; P'1, P'2, P'3, P'4) und dem Ziel (13) umfasst, wobei der Satz von Abschnitten (T1, T2, T3, T4, T5; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) einen ersten Typ von sich über ungesicherte Zonen (Z2, Z4) erstreckenden Abschnitten (T2, T4; T'2, T'4) und einen zweiten Typ von sich über gesicherte Zonen (Z1, Z3) erstreckenden Abschnitten (T1, T3; T'1, T'3) aufweist, wobei der erste Typ von Abschnitten (T2, T4; T'2, T'4) eine allgemein geradlinige Form hat, so dass die von dem Luftfahrzeug (10; 10') in den ungesicherten Zonen (Z2, Z4) verbrachte Zeit begrenzt wird, und der zweite Typ von Abschnitten (T1, T3, T5; T'1, T'3, T'5) eine gewundene Form hat, so dass eine Zeitreserve zur Anpassung der Position des Luftfahrzeugs (10; 10') auf dem Ziel (13) zu dem gegebenen Zeitpunkt (T_{id} , T'_{id}) zum Durchführen der Aktion synchronisiert wird, wobei der erste gegebene Zeitpunkt (T_{id}) und der zweite gegebene Zeitpunkt (T'_{id}) so ausgewählt werden, dass die vom ersten Flugzeug (10) durchgeführte erste Aktion und die vom zweiten Flugzeug (10') durchgeführte zweite Aktion auf dem Ziel (13) synchronisiert werden.

8. Synchronisationsvorrichtung für die Synchronisation von Aktionen auf einem Ziel (13) zwischen einem zum Fliegen über ein Operationsgebiet (11) bestimmten ersten Luftfahrzeug (10), um zu einem ersten gegebenen Zeitpunkt (T_{id}) eine erste Aktion an dem Ziel (13) durchzuführen, und mindestens einem zum Fliegen über das Operationsgebiet (11) bestimmten zweiten Luftfahrzeug (10'), um zu einem zweiten gegebenen Zeitpunkt (T'_{id}) eine zweite Aktion an dem Ziel (13) durchzuführen, wobei das Operationsgebiet (11) eine Vielzahl von gesicherten Zonen (Z1, Z3) und eine Vielzahl von ungesicherten Zonen (Z2, Z4) umfasst, wobei jedes Luftfahrzeug (10, 10') eine Flugbahn hat, die eine Vielzahl von Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4; P'1, P'2, P'3, P'4) zwischen einem Ausgangspunkt (12, 12') und dem Ziel (13) umfasst, wobei die Zwischenpunkte an Grenzen zwischen gesicherten und ungesicherten Zonen liegen, wobei die Synchronisationsvorrichtung (200) ein Berechnungsmodul (203) umfasst, das zum Berechnen, für jedes der Luftfahrzeuge (10,

10'), eines Satzes von Abschnitten (T1, T2, T3, T4, T5; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) zwischen dem Ausgangspunkt (12, 12'), den Zwischenpunkten (P1, P2, P3, P4; P'1, P'2, P'3, P'4) und dem Ziel (13) ausgelegt ist, wobei der Satz von Abschnitten einen ersten Typ von sich über ungesicherte Zonen (Z2, Z4) erstreckenden Abschnitten (T2, T4; T'2, T'4) und einen zweiten Typ von sich über gesicherte Zonen (Z1, Z3) erstreckenden Abschnitten (T1, T3, T5; T'1, T'3, T'5) umfasst, wobei der erste Typ von Abschnitten (T2, T4; T'2, T'4) eine allgemein geradlinige Form hat, so dass die vom Luftfahrzeug (10, 10') in den ungesicherten Zonen (Z2, Z4) verbrachte Zeit begrenzt wird, und der zweite Typ von Abschnitten (T1, T3, T5; T'1, T'3, T'5) eine gewundene Form hat, um eine Zeitreserve zur Anpassung der Position des Luftfahrzeugs (10, 10') auf dem Ziel (13) zu dem gegebenen Zeitpunkt (T_{id} , T'_{id}) zum Durchführen der Aktion zu lassen, wobei der erste gegebene Zeitpunkt (T_{id}) und der zweite gegebene Zeitpunkt (T'_{id}) so ausgewählt werden, dass die durch den ersten Flugzeug (10) durchgeführte erste Aktion und die zweite durch den zweiten Flugzeug (10) durchgeführte Aktion auf dem Ziel (13) synchronisiert werden.

9. Plattform, die zum Kommunizieren mit einem ersten Luftfahrzeug (10) und mindestens einem zweiten Luftfahrzeug (10') für die Synchronisation von Aktionen auf einem Ziel (13) ausgelegt ist, wobei die Plattform (10'') eine Synchronisationsvorrichtung (200) nach Anspruch 8 umfasst.

Claims

1. A method for determining a trajectory of an aircraft (10) intended to fly over a field of operation (11) with a view to performing an action on a target (13) at a given time (t_d), said field of operation (11) comprising a plurality of secure areas (Z1, Z3) and a plurality of non-secure areas (Z2, Z4), said trajectory comprising a plurality of intermediate points (P1, P2, P3, P4) between a starting point (12) of said trajectory and the target (13), said intermediate points (P1, P2, P3, P4, P5) being positioned on borders between secure areas and non-secure areas, said method being implemented by computer means, wherein said determination method comprises a step of computing (E3) a set of sections (T1, T2, T3, T4, T5) between said starting point (12), said intermediate points (P1, P2, P3, P4) and said target (13), said set of sections (T1, T2, T3, T4) having a first type of sections (T2, T4) extending over non-secure areas (Z2, Z4) and a second type of sections (T1, T3) extending over secure areas (Z1, Z3), said first type of sections (T2, T4) having an overall rectilinear shape so as to limit the time spent by the aircraft (10) in the non-secure areas (Z2, Z4) and said second type of sections (T1, T3)

having a sinuous shape so as to allow a reserve of time for adjusting a position of the aircraft (10) on the target (13) at said given time (T_{id}) with a view to performing the action.

2. The method for determining a trajectory according to claim 1, wherein the step of computing (E3) the set of sections (T1, T2, T3, T4, T5) is performed based on:

- a trajectory frame, said trajectory frame having a succession of segments (S1, S2, S3, S4, S5) between the starting point (12), the intermediate points (P1, P2, P3, P4) and the target (13);
- at least one trajectory primitive (Prim) chosen from among a plurality of trajectory primitives.

3. The method for determining a trajectory according to claim 2, wherein the trajectory frame is obtained from trajectory planning (Planif) and from a time constraint associated with the given time (T_{id}) for performing the action on the target (13).

4. The method for determining a trajectory according to any one of claims 1 to 3, wherein said trajectory is updated during the flight of the aircraft (10) over the field of operation (11).

5. A device for determining a trajectory of an aircraft (10) intended to fly over a field of operation (11) with a view to performing an action on a target (13) at a given time (T_{id}), said field of operation (11) having a plurality of secure areas (Z2, Z4) and a plurality of non-secure areas (Z1, Z3), said trajectory having a plurality of intermediate points (P1, P2, P3, P4) between a starting point (12) of said trajectory and the target (13), said intermediate points (P1, P2, P3, P4, P5) being positioned on borders between secure areas and non-secure areas, said device comprising:

- a module (103) for computing a set of sections (T1, T2, T3, T4, T5) between said starting point (12), said intermediate points (P1, P2, P3, P4) and said target (13), said set of sections (T1, T2, T3, T4) having a first type of section (T2, T4) extending over non-secure areas (Z2, Z4) and a second type of section (T1, T3) extending over secure areas (Z1, Z3), said first type of section (T2, T4) having a rectilinear overall shape so as to limit the time spent by the aircraft (10) in the non-secure areas (Z2, Z4) and said second type of section (T1, T3, T5) having a sinuous shape so as to allow a time reserve to adjust a position of the aircraft (10) over the target (13) at said given time (T_{id}) with a view to performing the action.

6. The device for determining a trajectory according to

claim 5, wherein said device (100) comprises a tactical situation database (SITAC) and an intelligent algorithm (101) designed to determine a risk level (N1, N2) for each of the areas (Z1, Z2, Z3, Z4) based on said tactical situation database (SITAC).

7. A method for synchronising actions on a target (13) between a first aircraft (10) intended to fly over a field of operation (11) with a view to performing a first action on said target (13) at a first given time (T_{id}) and at least one second aircraft (10') intended to fly over said field of operation (11) with a view to performing a second action on said target (13) at a second given time (T'_{id}), said field of operation (11) comprising a plurality of secure areas (Z1, Z3) and a plurality of non-secure areas (Z2, Z4), each aircraft (10, 10') having a trajectory having a plurality of intermediate points (P1, P2, P3, P4; P'1, P'2, P'3, P'4) between a starting point (12, 12') and the target (13), said intermediate points being positioned on borders between secure areas and non-secure areas, said method being implemented by computer means, said method comprising, for each aircraft (10; 10'), a step of computing (E'3) a set of sections (T1, T2, T3, T4, T5; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) between said starting point (12, 12'), said intermediate points (P1, P2, P3, P4; P'1, P'2, P'3, P'4) and said target (13), said set of sections (T1, T2, T3, T4, T5; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) having a first type of sections (T2, T4; T'2; T'4) extending over non-secure areas (Z2, Z4) and a second type of sections (T1, T3; T'1, T'3) extending over secure areas (Z1, Z3), said first type of section (T2, T4; T'2; T'4) having an overall rectilinear shape so as to limit the time spent by the aircraft (10; 10') in the non-secure areas (Z2, Z4) and said second type of section (T1, T3, T5; T'1, T'3, T'5) having a sinuous shape so as to allow a time reserve to adjust the position of the aircraft (10; 10') over the target (13) at said given time (T_{id} ; T'_{id}) with a view to performing said action, said first given time (T_{id}) and said second given time (T'_{id}) being selected so as to synchronise the first action performed by the first aircraft (10) and the second action performed by the second aircraft (10') on said target (13).

8. A synchronisation device for synchronising actions on a target (13) between a first aircraft (10) intended to fly over a field of operation (11) with a view to performing a first action on said target (13) at a first given time (T_{id}) and at least one second aircraft (10') intended to fly over said field of operation (11) with a view to performing a second action on said target (13) at a second given time (T'_{id}), said field of operation (11) comprising a plurality of secure areas (Z1, Z3) and a plurality of non-secure areas (Z2, Z4), each aircraft (10, 10') having a trajectory comprising a plurality of intermediate points (P1, P2, P3, P4; P'1, P'2, P'3, P'4) between a starting point (12, 12') and the

target (13), said intermediate points being positioned on borders between secure areas and non-secure areas, said synchronisation device (200) comprising a computing module (203) designed to compute, for each of said aircraft (10, 10'), a set of sections (T1, T2, T3, T4, T5; T'1, T'2, T'3, T'4, T'5) between said starting point (12, 12'), said intermediate points (P1, P2, P3, P4; P'1, P'2, P'3, P'4) and said target (13), said set of sections comprising a first type of sections (T2, T4; T'2, T'4) extending over non-secure areas (Z2, Z4) and a second type of sections (T1, T3, T5; T'1, T'3, T'5) extending over secure areas (Z1, Z3), said first type of section (T2, T4; T'2, T'4) having an overall rectilinear shape so as to limit the time spent by the aircraft (10, 10') in the non-secure areas (Z2, Z4) and said second type of sections (T1, T3, T5; T'1, T'3, T'5) having a sinuous shape so as to allow a time reserve to adjust the position of the aircraft (10, 10') over the target (13) at said given time (T_{id} ; T'_{id}) with a view to performing the action, said first given time (T_{id}) and said second given time (T'_{id}) being selected so as to synchronise the first action performed by the first aircraft (10) and the second action performed by the second aircraft (10') on said target (13).

9. A platform designed to communicate with a first aircraft (10) and at least with a second aircraft (10') in order to synchronise actions on a target (13), said platform (10'') comprising a synchronisation device (200) according to claim 8.

35

40

45

50

55

Figure 1

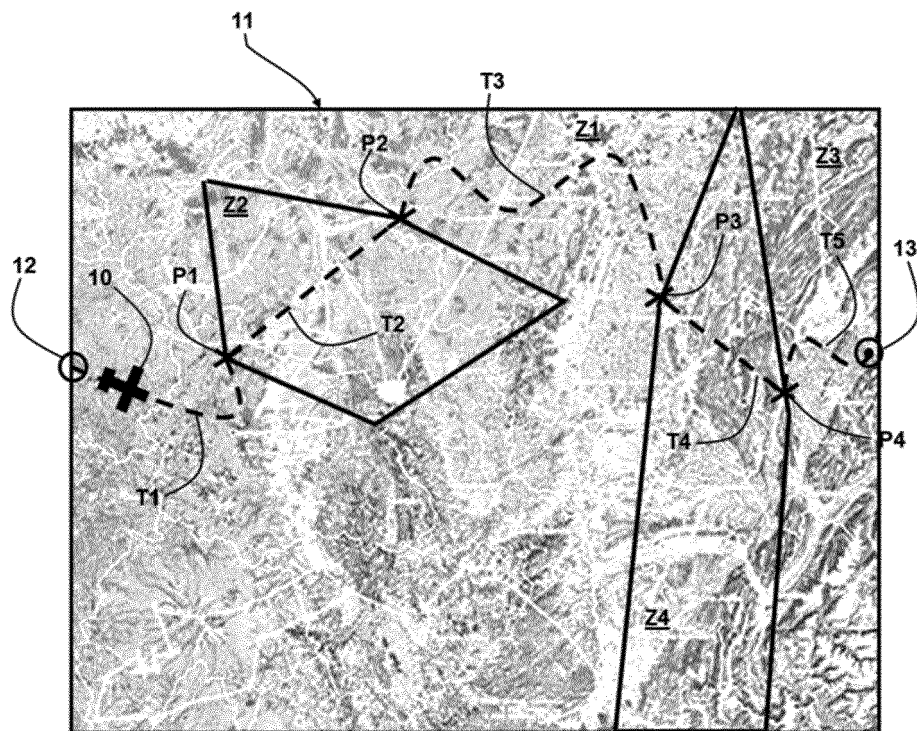


Figure 2

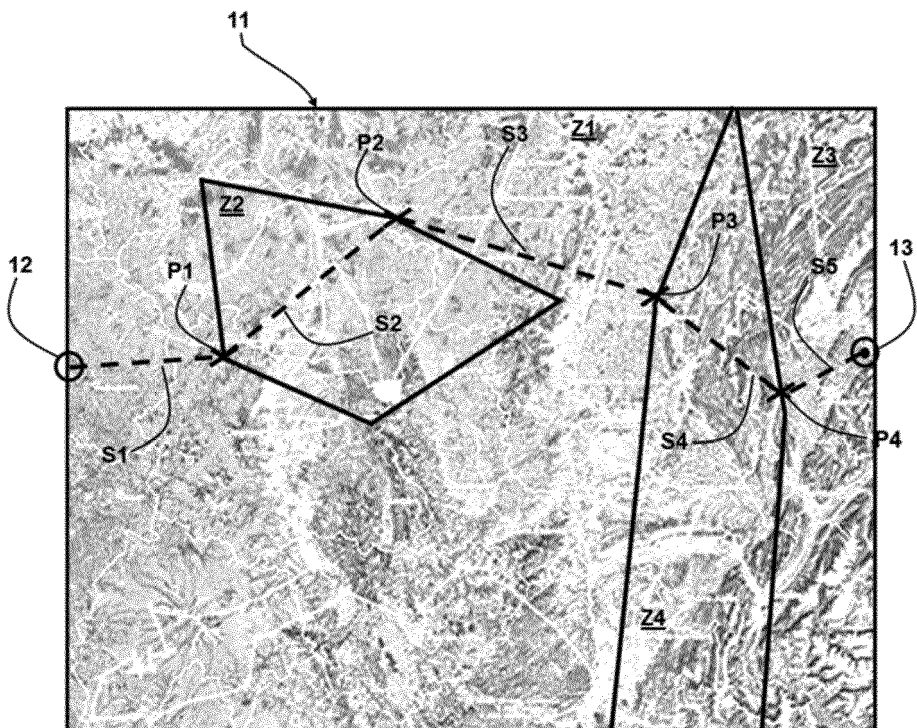


Figure 3

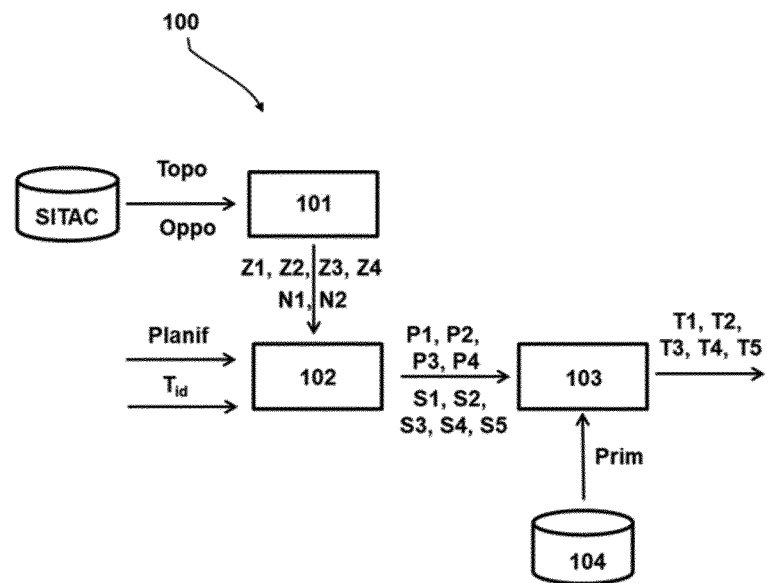


Figure 4

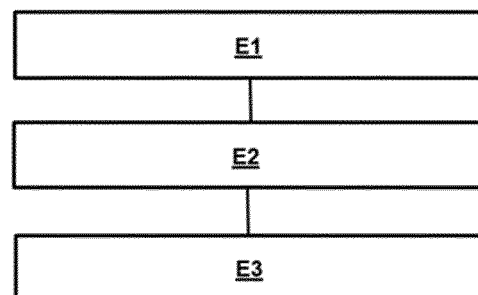


Figure 5

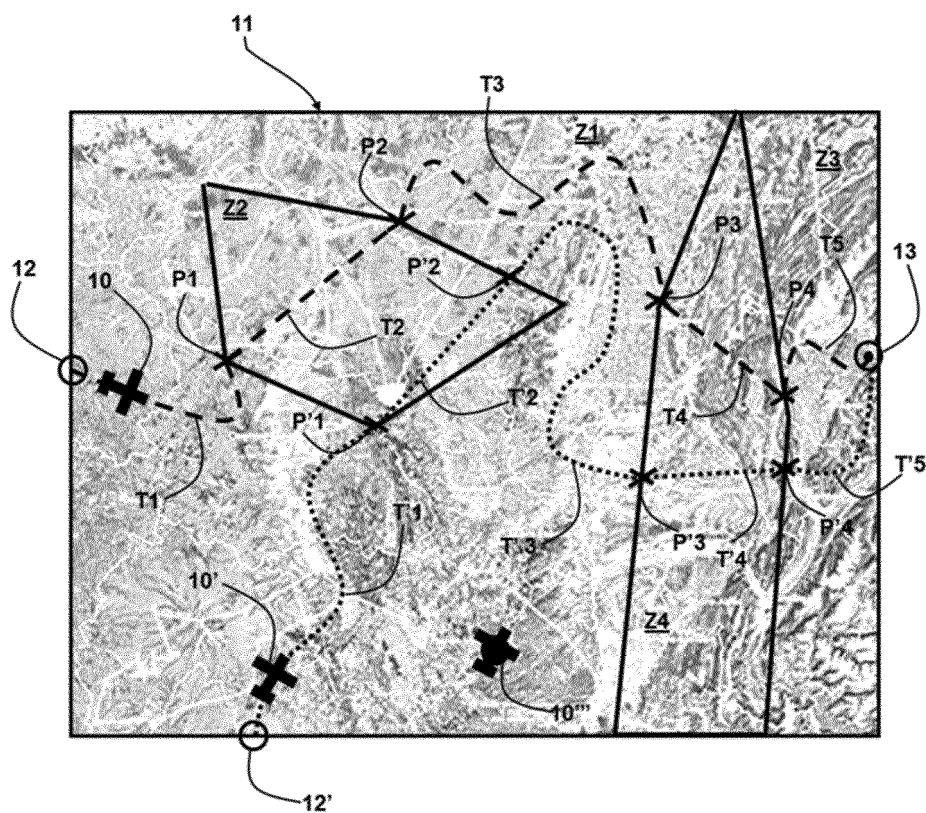


Figure 6

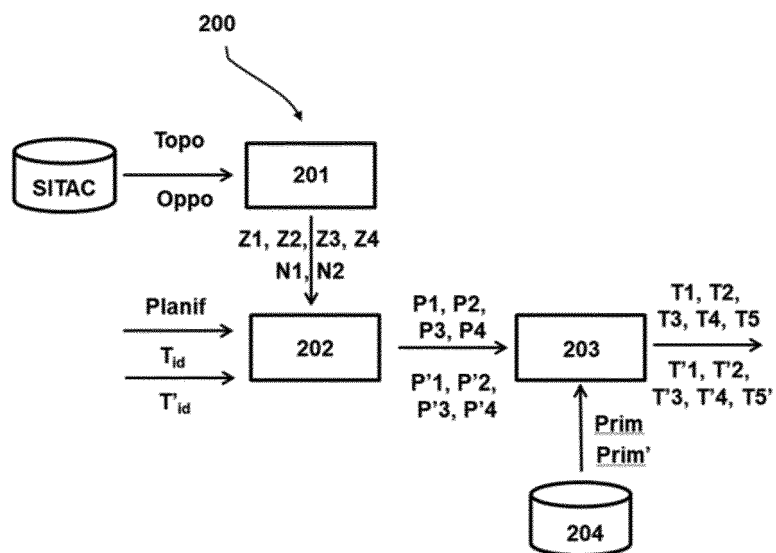
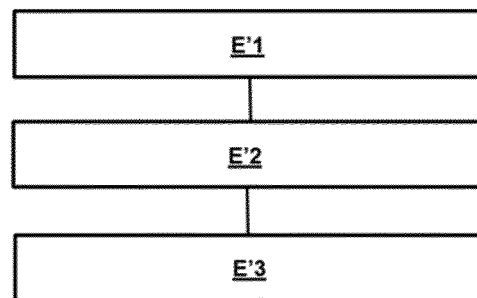


Figure 7



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 8843303 B1 [0005]