



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 3 695 396 B1**

(12)

## **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**27.01.2021 Bulletin 2021/04**

(51) Int Cl.:  
**G08G 5/04 (2006.01)** **G08G 5/00 (2006.01)**  
**G08G 3/02 (2006.01)** **G08G 7/02 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **19715543.5**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2019/050482**

(22) Date de dépôt: **04.03.2019**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2019/166748 (06.09.2019 Gazette 2019/36)**

---

**(54) SYSTÈMES ET PROCÉDÉS D'AIDE À L'ÉVITEMENT DE COLLISIONS ENTRE AÉRONEFS OU NAVIRES**

SYSTEME UND VERFAHREN ZUR KOLLISIONSVERMEIDUNG ZWISCHEN FLUGZEUGEN ODER SCHIFFEN

SYSTEMS AND METHOD FOR COLLISION AVOIDANCE BETWEEN AIRCRAFT OR SHIPS

---

(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**

(30) Priorité: **02.03.2018 FR 1851844**

(43) Date de publication de la demande:  
**19.08.2020 Bulletin 2020/34**

(73) Titulaire: **Airbus Defence and Space SAS  
31402 Toulouse Cedex 4 (FR)**

(72) Inventeur: **REINQUIN, Philippe  
31402 TOULOUSE Cedex 4 (FR)**

(74) Mandataire: **Plasseraud IP  
66, rue de la Chaussée d'Antin  
75440 Paris Cedex 09 (FR)**

(56) Documents cités:  
**US-A- 4 812 990** **US-A1- 2007 276 553**  
**US-A1- 2009 125 221** **US-A1- 2013 124 089**  
**US-B1- 7 194 353**

**EP 3 695 396 B1**

---

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).

---

**Description****Domaine technique**

**[0001]** La présente invention concerne le domaine du contrôle aérien ou maritime. Plus précisément, il concerne des systèmes et procédés d'aide à l'évitement de collisions entre aéronefs ou navires.

**Technique antérieure**

**[0002]** La connaissance du plan de navigation d'un aéronef ou d'un navire est une aide précieuse à la fois aux contrôleurs aériens ou aux contrôleurs maritimes. Ce plan de navigation est de la responsabilité des pilotes d'aéronefs ou des capitaines de navires. Il est également utilisé par les systèmes de contrôle pour anticiper les mouvements de l'aéronef ou du navire et ainsi offrir des services afin d'assurer un niveau de sécurité optimum.

**[0003]** Dans certaines situations, il est préférable, voire obligatoire de dévier du plan initial de navigation. C'est le cas, par exemple, lorsque deux aéronefs ou deux navires sont détectés « en conflit ». C'est-à-dire, dans le cas d'aéronefs, lorsque leurs trajectoires prédictes montrent un non-respect de la distance de séparation latérale minimum ou de la différence d'altitude minimale ; et dans le cas de navires, lorsque leurs trajectoires prédictes montrent un non-respect de la distance de séparation latérale minimum.

**[0004]** Résoudre un conflit détecté entre plusieurs aéronefs ou navires consiste dans le meilleur des cas à assurer les séparations en donnant aux aéronefs ou aux navires des instructions de manœuvre, tout en minimisant les allongements de trajectoire liés aux déviations induites. Il est établi qu'il s'agit là d'un problème NP-complet, à savoir, une classe de problèmes n'admettant aujourd'hui aucun algorithme polynomial les résolvant.

**[0005]** On connaît des systèmes informatiques pour résoudre ce problème à l'aide de méthodes d'optimisation globale telles que les algorithmes génétiques, les algorithmes A\* ou encore les algorithmes utilisant un processus de séparation-évaluation (« branch and bound » en langue anglaise).

**[0006]** Toutefois, il est connu que les systèmes informatiques basés sur de telles méthodes nécessitent un temps de calcul important, car les trajectoires de tous les aéronefs ou les navires impliqués dans un conflit doivent être optimisées simultanément. Or, lors d'un trafic très dense, le contrôleur aérien ou le contrôleur maritime dispose souvent d'un temps de déconfliction très faible, de l'ordre de quelques minutes.

**[0007]** En outre, les systèmes informatiques basés sur de telles méthodes peuvent trouver des solutions dites optimales qui perturbent fortement le trafic d'origine du contrôleur aérien ou maritime. Par conséquent, le contrôleur aérien ou le contrôleur maritime n'utilise généralement pas ces systèmes informatiques qui ignorent la stratégie d'écoulement du trafic aérien ou maritime, sou-

haitée par le contrôleur.

**[0008]** Par ailleurs, la demande de brevet américain US 2009/0125221 A1 divulgue un gestionnaire de séparation de véhicules. Il convient alors de proposer une solution permettant d'assister le contrôleur aérien ou le contrôleur maritime dans l'évitement de conflits de manière rapide tout en lui permettant de mettre en œuvre une stratégie d'écoulement du trafic aérien ou maritime qui est adaptée au trafic en cours.

10

**Résumé de l'invention**

**[0009]** La présente invention vise donc à pallier les inconvénients précités.

**[0010]** Pour cela, dans un premier aspect de l'invention, selon la revendication 1, l'invention propose un dispositif d'assistance à l'évitement d'un conflit détecté dans un horizon prédéterminé de prédition de trajectoires, entre une première trajectoire d'un premier aéronef et une deuxième trajectoire d'un deuxième aéronef ou entre une première trajectoire d'un premier navire et une deuxième trajectoire d'un deuxième navire.

**[0011]** Enfin, dans un deuxième aspect de l'invention, selon la revendication 7, il est proposé un procédé d'assistance à l'évitement d'un conflit détecté dans un horizon prédéterminé de prédition de trajectoires, entre une première trajectoire d'un premier aéronef et une deuxième trajectoire d'un deuxième aéronef ou entre une première trajectoire d'un premier navire et une deuxième trajectoire d'un deuxième navire.

30

**Brève description des dessins**

**[0012]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre et en référence aux dessins annexés, donnés à titre illustratif et nullement limitatif.

40 La **figure 1** représente un dispositif selon l'invention. La **figure 2** représente la perte de distance de séparation horizontale entre un premier aéronef et un deuxième aéronef.

45 La **figure 3** représente un conflit potentiel entre un premier aéronef et un deuxième aéronef.

La **figure 4A** représente une enveloppe latérale périphérique selon l'invention. La **figure 4B** représente une autre mise en œuvre de l'enveloppe latérale périphérique selon l'invention.

50 La **figure 5** représente une division de l'enveloppe latérale périphérique de la **figure 4A**.

La **figure 6** représente un exemple de déroulement de premier aéronef dans l'enveloppe latérale périphérique de la **figure 5**, selon l'invention.

55 La **figure 7A** représente une évaluation des déroulements possibles à partir de la **figure 6**, selon l'invention. La **figure 7B** représente une surface d'évitement de conflit obtenue à partir de la **figure 7A**, selon l'invention.

La **figure 8** représente deux surfaces d'évitement de conflit obtenues à partir de la **figure 3**, selon l'invention.

La **figure 9** représente un ordinogramme d'un procédé selon l'invention.

**[0013]** Pour des raisons de clarté, les éléments représentés ne sont pas à l'échelle les uns par rapport aux autres, sauf mention contraire.

#### Description des modes de réalisation

**[0014]** Le principe général de l'invention est basé sur le fait que dans la pratique, un contrôleur aérien ou un contrôleur maritime résout globalement les anomalies de son trafic en cherchant à minimiser le nombre d'interventions. À ce titre, il faut noter qu'un conflit, à savoir une perte de distance de séparation, entre un ou plusieurs aéronefs ou navires constitue une anomalie majeure. L'objectif pour un contrôleur en charge d'une partie du trafic constitué par un volume/espace de responsabilité est de minimiser les modifications sur le trafic. Pour ce faire, la recherche d'une solution à un conflit va au premier chef concerter les aéronefs ou navires considérés en anomalie. L'opérateur va donc traiter chaque anomalie unitairement tout en apportant des solutions de fluidification globale du trafic. Dans l'invention, il est proposé une solution qui suit cette approche séquentielle, c'est-à-dire que l'on traite un aéronef ou un navire à la fois. Par conséquent, le temps de calcul sera réduit par rapport à une méthode d'optimisation globale, car on optimise la trajectoire de navigation d'un seul aéronef ou navire à la fois tout en garantissant une cohérence avec le trafic global. En outre, il est proposé de déterminer pour chaque aéronef ou navire traité, au moins une zone d'évitement de conflit, dans laquelle un déroulement de la trajectoire de l'aéronef ou du navire permet d'éviter le conflit. En utilisant les zones d'évitement de conflit, le contrôleur choisit entre plusieurs trajectoires d'évitement de conflit afin de mettre en œuvre la stratégie d'écoulement de trafic qui lui paraît la plus adaptée au trafic en cours. Ce faisant, le contrôleur dispose d'un mécanisme d'assistance à l'élaboration d'une solution de régulation. En outre, si aucune zone d'évitement de conflit n'existe pour un aéronef ou navire considéré, l'information de présence ou d'absence de zone sans conflit est toujours communiquée à l'opérateur afin qu'il en tienne compte dans son processus mental de résolution. Ainsi, avec l'invention, la responsabilité de séparer les aéronefs ou les navires qui sont en conflit, relève en dernier ressort du contrôleur. La stratégie appliquée par le contrôleur fait ainsi appel à son expérience enrichie par l'analyse tactique réalisée par l'innovation. On peut alors qualifier cette nouvelle approche de « contrôle aérien ou maritime augmentée ».

**[0015]** Dans la description, l'invention sera décrite en référence au domaine aéronautique. Toutefois, l'invention est également applicable au domaine maritime.

Dans la plupart des cas, il suffira de remplacer le mot aéronef par le mot navire et le mot aérien par le mot maritime. La principale différence entre les deux domaines réside dans la détection de conflit qui se fait en trois dimensions dans le domaine aérien et en deux dimensions dans le domaine maritime.

**[0016]** La **figure 1** illustre un dispositif **100** d'assistance à l'évitement d'un conflit potentiel selon l'invention. Le conflit potentiel pourra avoir lieu, en vol, lors des phases en-route ou d'approche. Il est à noter que l'invention peut similairement s'appliquer pour un déplacement au sol au niveau de l'aérodrome.

**[0017]** Le dispositif **100** peut être utilisé lorsqu'un conflit potentiel est détecté selon l'algorithme de détection utilisée entre une première trajectoire d'un premier aéronef et une deuxième trajectoire d'un deuxième aéronef.

**[0018]** La **figure 2** montre un exemple de perte de distance de séparation entre un premier aéronef **10** et un deuxième aéronef **20**. Dans l'exemple de la **figure 2**, les positions des aéronefs **10, 20** ne respectent pas une distance de séparation horizontale pré-déterminée **D**. En effet, dans la **figure 2**, la distance de séparation horizontale **d** entre les trajectoires du premier aéronef **10** et du deuxième aéronef **20** est inférieure à la distance de séparation horizontale pré-déterminée **D**.

**[0019]** La **figure 3** montre un autre exemple dans lequel un premier aéronef **30** est en conflit potentiel avec un deuxième aéronef **40**. Un conflit potentiel se définit par la détection d'une perte de distance de séparation selon les prédictions des trajectoires des aéronefs. Dans l'exemple de la **figure 3**, il est prévu, dans un horizon pré-déterminé de prédition de trajectoires, que les trajectoires des aéronefs **30, 40** ne respecteront pas la distance de séparation horizontale pré-déterminée. Pour réaliser la prédition, on peut utiliser, par exemple, l'outil de détection de conflit tactique (TCT pour « *Tactical Controller Tool* », en langue anglaise) qui est spécifié par le centre expérimental d'Eurocontrol. Ce service de détection de conflit tactique repose sur une détection de proximité entre deux avions par comparaison des positions sur les axes suivants : horizontal, vertical et temporel ; La détection tactique est donc une détection en quatre dimensions. Dans la pratique, l'horizon pré-déterminé de prédition de trajectoires est de l'ordre de trois à quinze minutes. Ainsi, dans la **figure 3**, les lignes en traits gras des trajectoires du premier aéronef **30** et du deuxième aéronef **40** désignent des parties de trajectoires prédictes pour lesquelles la distance de séparation horizontale entre les trajectoires du premier aéronef **30** et du deuxième aéronef **40** sera inférieure à la distance de séparation horizontale pré-déterminée **D**, selon l'horizon pré-déterminé de prédition de trajectoires.

**[0020]** L'invention s'applique notamment à la **figure 3** ou de manière plus générale aux cas de détection de conflit potentiel dans un horizon pré-déterminé de prédition de trajectoires, entre un premier aéronef **30** et un deuxième aéronef **40**. Le conflit potentiel peut être détecté dans le plan horizontal et/ou vertical.

**[0021]** De retour à la **figure 3**, le premier aéronef **30** est associé à une première trajectoire **PN1** et le deuxième aéronef **40** est associé à une deuxième trajectoire **PN2**. La première trajectoire **PN1** et la deuxième trajectoire **PN2** peuvent correspondre à une trajectoire prédictive, par extrapolation du comportement observé de l'aéronef ou correspondre à une trajectoire conforme au plan de navigation initialement prévu ou demandé par le pilote.

**[0022]** Dans l'invention, une trajectoire **PN1**, **PN2** peut correspondre à une portion d'une trajectoire associée à un secteur de contrôle. En effet, il est connu que l'espace aérien est divisé en secteur de contrôle et que chaque secteur est confié à un ou plusieurs contrôleurs aériens, qui ont la charge d'assurer la séparation des aéronefs dans cette portion de l'espace.

**[0023]** Dans la **figure 3**, chaque trajectoire **PN1**, **PN2** comprend une pluralité de segments **BR**, généralement rectilignes, qui sont formées entre une pluralité de points de navigation **PR** et qui se rejoignent latéralement aux points de navigation **PR**. Dans le domaine aéronautique, un point de navigation **PR** est également appelé point de cheminement. Dans ce cas, en pratique, un point de navigation **PR** présente des attributs dont, de préférence, la latitude, la longitude, un identifiant du point de navigation **PR** et si applicable, la contrainte d'altitude.

**[0024]** Dans l'exemple de la **figure 3**, chaque trajectoire **PN1**, **PN2** comprend trois segments **BR**. Toutefois, le nombre de segments **BR** de la première trajectoire **PN1** peut différer de celui de la deuxième trajectoire **PN2**. En outre, dans l'exemple de la **figure 3**, chaque trajectoire **PN1**, **PN2** comprend quatre points de navigation **PR**. Par exemple, on peut voir dans la **figure 3** qu'un point de navigation **PR** est respectivement associé à la position courante du premier aéronef **30** et du deuxième aéronef **40**. Toutefois, le nombre de points de navigation **PR** de la première trajectoire **PN1** peut différer de celui de la deuxième trajectoire **PN2**.

**[0025]** De retour à la **figure 1**, le dispositif **100** comprend une unité de détermination **110**, une unité de division **120**, une unité de discréétisation **130** et une unité de calcul **140**, qui sont fonctionnellement connectées entre elles. Dans une mise en œuvre particulière, chacune des unités du dispositif **100** est constituée d'au moins un processeur de type connu.

**[0026]** Dans la **figure 1**, l'unité de détermination **110** est configuré pour déterminer au moins une enveloppe latérale périphérique de la première trajectoire **PN1**. Dans l'invention, l'enveloppe latérale périphérique délimite une surface latérale de navigation atteignable par le premier aéronef **30** à partir d'une position courante.

**[0027]** Dans un exemple, l'enveloppe latérale périphérique est déterminée à partir de caractéristiques de performance du premier aéronef **30**. Pour cela, on peut utiliser la base de données sur les performances des aéronefs BADA (« Base of Aircraft Data », en langue anglaise) qui est développée et maintenue par le centre expérimental d'Eurocontrol. BADA est un modèle physique qui modélise, entre autres, les performances des

aéronefs et fournit des valeurs de référence pour les paramètres comme la masse de l'aéronef, son profil de vitesse en montée ou la puissance de poussée des moteurs. Ainsi, BADA permet, à chaque pas de temps, en fonction de l'altitude de l'aéronef et de la phase de vol (croisière, montée ou descente), de connaître les performances d'un aéronef tels que la vitesse, la consommation de carburant et le taux de poussée des moteurs à appliquer pour le calcul de la position suivante.

**[0028]** Avec BADA, il est donc possible de calculer la déviation latérale maximale autorisée à partir de la position courante du premier aéronef **30**. Par la suite, l'ensemble de ces informations peut être utilisé pour déterminer l'enveloppe latérale périphérique selon l'invention.

Bien sûr, des contraintes prédéterminées pourront être définies pour limiter l'étendue de l'enveloppe latérale périphérique selon les besoins du contrôleur aérien. Par exemple, on pourra appliquer un coefficient réducteur sur la vitesse, la consommation de carburant ou le taux de poussée des moteurs du premier aéronef **30** obtenus à partir de BADA.

**[0029]** Selon l'invention, on calcule la déviation latérale maximale autorisée à partir du retard maximum autorisé par rapport au dernier point de navigation **PR** du plan de navigation **PN1**. Par exemple, on pourra limiter l'étendue de l'enveloppe latérale périphérique aux positions de l'espace aérien qui sont atteignables par le premier aéronef **30** mais qui ne provoquent pas un retard de plus de cinq minutes au niveau du dernier point de navigation **PR** du plan de navigation **PN1**. En effet, dans le domaine aéronautique, la maîtrise du temps sur le dernier point de navigation **PR** d'un secteur est importante, car le contrôleur aérien associé au secteur suivant a déjà planifié l'écoulement de son trafic. Ainsi, altérer le trafic trop en avance ou en retard peut perturber le travail du contrôleur aérien suivant.

**[0030]** La **figure 4A** montre une mise en œuvre de la **figure 3** illustrant une enveloppe latérale périphérique **EV** de la première trajectoire **PN1**. Dans l'exemple de la **figure 3**, l'enveloppe latérale périphérique **EV** présente une surface irrégulière comprenant une suite cyclique de segments consécutifs courbes **SC** et rectilignes **SR**. Chaque segment rectiligne **SR** est formé entre deux points de navigation **PR** consécutifs de la première trajectoire

**PN1** tandis que le segment courbe **SC** relie le premier et le dernier point de navigation **PR** de la première trajectoire **PN1**. Toutefois, on notera que l'enveloppe latérale périphérique **EV** pourra présenter une autre forme selon les caractéristiques de performance du premier aéronef **30** et éventuellement des contraintes de limitation d'enveloppe telles que mentionnées plus haut.

**[0031]** La **figure 4B** montre une autre mise en œuvre de la **figure 3**, dans laquelle il est envisagé que l'unité de détermination **110** détermine une enveloppe latérale périphérique de chaque côté latéral de la première trajectoire **PN1**. Dans l'exemple de la **figure 4B**, on peut donc voir une enveloppe latérale périphérique droite **EV1** de la première trajectoire **PN1** et une enveloppe latérale

péphérique gauche **EV2** de la première trajectoire **PN1**.

**[0032]** Dans la suite de la description, on considérera seulement la mise en œuvre de la **figure 4A**. Pour la mise en œuvre de la **figure 4B**, il suffira d'utiliser le dispositif **100** de la même manière pour l'enveloppe latérale périphérique droite **EV1** et pour l'enveloppe latérale périphérique gauche **EV2**.

**[0033]** De retour à la **figure 1**, l'unité de division **120** est configuré pour diviser l'enveloppe latérale périphérique **EV** en une pluralité longitudinale de tronçons juxtaposés les uns à la suite des autres. L'unité de division **120** est également configurée pour former des lignes de transition marquant le changement de tronçon, chaque ligne de transition coupant, en un premier point d'intersection, un segment de la première trajectoire **PN1** et, en un second point d'intersection, un bord de l'enveloppe latérale périphérique **EV**.

**[0034]** La **figure 5** montre un exemple de division de l'enveloppe latérale périphérique **EV** en une pluralité longitudinale de tronçons **TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)**. Dans l'exemple de la **figure 5**, les tronçons **TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)** sont agencés de manière parallèle, les uns par rapport aux autres.

**[0035]** Dans une mise en œuvre particulière, la largeur de chaque tronçon **TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)** est déterminée selon un intervalle de temps prédéterminée. Dans un exemple, les valeurs suivantes peuvent être utilisées : 5 secondes, 10 secondes, 15 secondes ou encore 30 secondes. Dans un autre exemple, l'intervalle de temps peut être déterminé à partir d'une fonction qui dépend d'un paramètre prédéterminé associé à la vitesse moyenne du premier aéronef **30** pour rejoindre un point de rejoints prédéterminé. Par exemple, le point de rejoints peut correspondre au point de sortie du secteur comme le dernier point de navigation **PR**. Dans cet exemple, le paramètre prédéterminé sert à régler la précision et le nombre des calculs effectués.

**[0036]** La **figure 5** montre également les lignes de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)**. Dans l'exemple de la **figure 5**, les lignes de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)** sont rectilignes et perpendiculaires à une droite **DIR** joignant la position courante du premier aéronef **30** et le dernier point de navigation **PR**. La droite **DIR** définit une direction du premier aéronef **30** vers un point de rejoints prédéterminé. Dans l'exemple de la **figure 5**, le point de rejoints prédéterminé correspond au dernier point de navigation **PR**. Toutefois, le point de rejoints peut correspondre à tout autre point de navigation considéré par le contrôleur aérien.

**[0037]** De retour à la **figure 5**, les lignes de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)**, coupent, d'une part, le segment courbe **SC** de l'enveloppe latérale périphérique **EV**, et, d'autre part, de manière perpendiculaire la droite **DIR**, pour ensuite couper les segments rectilignes **SR** de l'enveloppe latérale périphérique **EV**.

**[0038]** Dans une mise en œuvre particulière (non représentée), les lignes de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)** sont courbes. Par exemple, les lignes de trans-

sition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)** peuvent être des arcs dont le centre est le premier point de navigation **PR** ou la position courante du premier aéronef **30**. Toutefois, d'autres points de navigation **PR** peuvent être envisagés pour représenter le centre des arcs.

**[0039]** De retour à la **figure 1**, l'unité de discréttisation **130** est configurée pour discréttiser chaque ligne de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)** en une pluralité de points de transition.

**[0040]** La **figure 6** montre un exemple de discréttisation de la ligne de transition **LT(K)** en une pluralité de points de transition **I0, I1, I2, ..., I(N)**. Dans une mise en œuvre particulière, l'espacement entre deux points de transition **I0, I1, I2, ..., I(N)** adjacents est déterminé selon un intervalle de temps prédéterminée, similaire à celui mentionné plus haut pour la largeur de chaque tronçon **TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)**.

**[0041]** De retour à la **figure 1**, l'unité de calcul **140** est configurée pour déterminer, à l'aide d'un algorithme de détection de conflit, pour chaque point de transition **I0, I1, I2, ..., I(N)** de chaque ligne de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)**, un conflit potentiel, entre une trajectoire d'évitement **PNE** et au moins la deuxième trajectoire **PN2**. Dans une mise en œuvre de l'invention, on considère seulement la deuxième trajectoire **PN2** qui est associée au deuxième aéronef **40**. Dans une autre mise en œuvre de l'invention, on considère une pluralité de trajectoires **PN2, PN3, ..., PN(N)** associée à une pluralité d'aéronefs situés dans le voisinage de la première trajectoire **PN1**. Avec cette mise en œuvre particulière, comme on considère les trajectoires des aéronefs environnants, il est possible de résoudre un conflit potentiel sans en créer aucun autre. Toutefois, dans cette mise en œuvre, on ne considère qu'une seule trajectoire par aéronef. Néanmoins, dans une mise en œuvre particulière, selon les capacités de calcul dont on dispose, on peut prendre en considération pour chacun de la pluralité de trajectoires **PN2, PN3, ..., PN(N)**, une pluralité de trajectoires atteignables par chacun des aéronefs. Dans ce cas, on pourra utiliser le dispositif **100** pour déterminer cette pluralité de trajectoires pour chacun de la pluralité de trajectoires **PN2, PN3, ..., PN(N)**.

**[0042]** Dans l'invention, on considère que la trajectoire d'évitement **PNE** pour chaque itération comprend la position courante du premier aéronef **30**, la position du point de transition courant et un point de rejoints prédéterminé. Dans la pratique, le point de rejoints est déterminé par le contrôleur aérien.

**[0043]** La **figure 6** montre un exemple de trajectoire d'évitement **PNE** comprenant le point de navigation **PR1** qui correspond à la position courante de l'aéronef **30**. La trajectoire d'évitement **PNE** comprend également la position du point de transition courant **I(K)** de la ligne de transition **LT(K)**. Enfin, la trajectoire d'évitement **PNE** comprend la position du point de navigation **PR4** qui est le dernier point de navigation de la première trajectoire **PN1**. Toutefois, comme indiqué plus haut, le point de rejoints peut être un point de navigation **PR** différent du

dernier point de navigation **PR4**.

**[0044]** De retour à la **figure 6**, lors de l'itération suivante, la prochaine trajectoire d'évitement **PNE** comprendra le point de navigation **PR1**, la position du point de transition **I(K+1)** de la ligne de transition **LT(K)** et la position du point de navigation **PR4**. Et ainsi de suite pour chaque point de transition de chaque ligne de transition. À ce titre, on notera que pour une exécution de l'unité de calcul **140**, on considérera une seule position courante de l'aéronef **30** pour l'exécution de l'ensemble des itérations. Par la suite, lors de l'exécution suivante, on considérera la nouvelle position courante de l'aéronef **30**. Et ainsi de suite pour chaque nouvelle exécution de l'unité de calcul **140**. On comprend alors qu'une exécution de l'unité de calcul **140** permet de détecter un conflit potentiel, à partir d'une position courante du premier aéronef **30**, entre une trajectoire d'évitement **PNE** et au moins la deuxième trajectoire **PN2**, pour chaque point de transition **I0, I1, I2, ..., I(N)** de chaque ligne de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)** de l'enveloppe latérale périphérique courante **EV**.

**[0045]** Concernant l'algorithme de détection de conflit, il est envisagé d'utiliser un algorithme de type connu, comme celui utilisé dans l'outil de détection de conflit tactique du centre expérimental d'Eurocontrol, tel que mentionné plus haut. En pratique, un tel algorithme repose sur la mesure dans le plan horizontal, pour chaque pas de temps, de la distance entre la trajectoire d'évitement **PNE** et la deuxième trajectoire **PN2**. Ensuite, il suffit de comparer la distance mesurée avec une distance de séparation horizontale prédéterminée pour déterminer si un conflit se produira dans le pas de temps considéré. Dans le cadre du fonctionnement de TCT, il convient d'ajouter qu'une analyse de la distance dans le plan vertical vient compléter la détection dans le plan horizontal.

**[0046]** Dans une mise en œuvre particulière, l'unité de calcul **140** comprend un processeur multicoeur qui est configuré pour exécuter l'algorithme de détection de conflit. Grâce à un tel agencement, il est possible de paralléliser l'ensemble des calculs de détermination de conflits.

**[0047]** De retour à la **figure 1**, l'unité de calcul **140** est également configurée pour calculer au moins un contour d'une surface d'évitement de conflit, à partir d'une pluralité de positions de points de transition pour lesquels l'algorithme de détection de conflit n'a pas déterminé de conflit potentiel entre la trajectoire d'évitement **PNE** respective et la au moins deuxième trajectoire **PN2**.

**[0048]** La **figure 7A** montre, sous une forme mixte tiret/point, des portions de lignes de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)** pour lesquelles certains points de transition **I0, I1, I2, ..., I(N)** sont compris dans des trajectoires d'évitement **PNE** qui ne sont pas en conflit potentiel avec la deuxième trajectoire **PN2**. En contraste, les portions de lignes de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)** qui sont en traits pleins, correspondent à l'ensemble points de transition **I0, I1, I2, ..., I(N)** qui seraient en conflit potentiel avec la deuxième trajectoire **PN2**, si une trajectoire

d'évitement **PNE** passait par l'un d'entre eux.

**[0049]** La **figure 7B** montre une surface d'évitement de conflit **SEC** dont le contour a été calculé à partir des points de transition identifiés dans la **figure 7A**.

**[0050]** Avec les surfaces d'évitement de conflit **SEC** telles qu'illustrées dans la **figure 7B** ou de manière plus générale dans la **figure 8**, le contrôle aérien est informé que le déroutement du premier aéronef **30** dans une de ces surfaces d'évitement de conflit **SEC** lui permettra d'éviter le conflit potentiel prévu initialement. Quelle que soit la trajectoire d'évitement retenue par le contrôleur aérien, si celle-ci passe par un point d'évitement de **SEC**, alors celle-ci sera une trajectoire sans conflit avec aucun autre aéronef. Dans les cas de figure où il n'existerait aucune zone d'évitement de conflit **SEC** pour un aéronef considéré, l'information serait communiquée au contrôleur aérien afin qu'il puisse en tenir compte dans son processus de résolution.

**[0051]** Dans une mise en œuvre particulière, les surfaces d'évitement de conflit **SEC** peuvent être représentées dans une interface graphique présentée en temps réel au contrôleur aérien.

**[0052]** La **figure 9** illustre un procédé **200** selon l'invention. Le procédé **200** permet de fournir une assistance à l'évitement d'un conflit potentiel, détecté dans un horizon prédéterminé de prédition de trajectoires, entre la première trajectoire **PN1** et la deuxième trajectoire **PN2**.

**[0053]** Le procédé **200** consiste tout d'abord à déterminer à l'étape **210**, au moins une enveloppe latérale périphérique **EV**, comme indiqué plus haut.

**[0054]** Ensuite, à l'étape **220**, on divise l'enveloppe latérale périphérique **EV** en une pluralité longitudinale de tronçons **TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)** juxtaposés les uns à la suite des autres et délimités par des lignes de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)**, comme indiqué plus haut.

**[0055]** Par ailleurs, à l'étape **230**, on discrétise chaque ligne de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)** en une pluralité de points de transition **I0, I1, I2, ..., I(N)**, comme indiqué plus haut.

**[0056]** Par la suite, à l'étape **240**, on détermine, à l'aide d'un algorithme de détection de conflit, pour chaque point de transition **I0, I1, I2, ..., I(N)** de chaque ligne de transition **LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)**, un conflit potentiel, entre une trajectoire d'évitement **PNE** et au moins la deuxième trajectoire **PN2**, comme indiqué plus haut.

**[0057]** Enfin, à l'étape **250**, on calcule au moins un contour d'une surface d'évitement de conflit **SEC**, comme indiqué plus haut.

**[0058]** Dans une mise en œuvre du procédé **200**, on détermine l'enveloppe latérale périphérique **EV** à partir de caractéristiques de performance du premier aéronef **30**, comme indiqué plus haut.

**[0059]** Dans un exemple de la mise en œuvre du procédé **200**, à l'étape **210**, on détermine une enveloppe latérale périphérique droite **EV1** et une enveloppe latérale périphérique gauche **EV2**, comme indiqué plus haut.

**[0060]** Dans un mode particulier de réalisation du procédé **200**, les lignes de transition **LT0**, **LT1**, **LT2**, ..., **LT(N-1)** sont des lignes rectilignes ou des arcs, comme indiqué plus haut.

**[0061]** Dans un autre mode particulier de réalisation du procédé **200**, on réalise l'étape **240** à l'aide d'un processeur multicoeur.

**[0062]** La présente invention a été décrite et illustrée dans la présente description détaillée et dans les figures. Toutefois, la présente invention dont l'objet est défini par les présentes revendications 1-11, ne se limite pas aux formes de réalisation présentées. Ainsi, d'autres variétés et modes de réalisation peuvent être déduits et mis en œuvre par la personne du métier à la lecture de la présente description et des figures annexées.

**[0063]** Par exemple, le procédé **200** peut être implémenté à partir d'éléments matériel et/ou logiciel. Il peut notamment être mis en œuvre en tant que programme d'ordinateur comportant des instructions pour son exécution. Il peut également être mis en œuvre dans l'outil de détection de conflit tactique (TCT) du centre expérimental d'Eurocontrol. Le programme d'ordinateur peut être enregistré sur un support d'enregistrement lisible par un processeur. Le support peut être électronique, magnétique, optique ou électromagnétique.

**[0064]** En particulier, l'invention peut être implémentée par un dispositif comprenant un processeur et une mémoire. Le processeur peut être un processeur générique, un processeur spécifique, un circuit intégré propre à une application (connu aussi sous le nom anglais d'ASIC pour « Application-Specific Integrated Circuit ») ou un réseau de portes programmables in situ (connu aussi sous le nom anglais de FPGA pour « Field-Programmable Gate Array »).

**[0065]** Le dispositif peut utiliser un ou plusieurs circuits électroniques dédiés ou un circuit à usage général. La technique de l'invention peut se réaliser sur une machine de calcul reprogrammable (un processeur ou un micro-contrôleur par exemple) exécutant un programme comprenant une séquence d'instructions ou sur une machine de calcul dédiée (par exemple, un ensemble de portes logiques comme un FPGA ou un ASIC, ou tout autre module matériel).

**[0066]** Selon un mode de réalisation non revendiqué, le dispositif comprend au moins un support de stockage lisible par ordinateur (RAM, ROM, EEPROM, mémoire flash ou une autre technologie de mémoire, CD-ROM, DVD ou un autre support à disque optique, cassette magnétique, bande magnétique, disque de stockage magnétique ou un autre dispositif de stockage, ou un autre support de stockage non transitoire lisible par ordinateur) codé avec un programme d'ordinateur (c'est-à-dire plusieurs instructions exécutables) qui, lorsqu'il est exécuté sur un processeur ou plusieurs processeurs, effectue les fonctions des modes de réalisation de l'invention, décrits précédemment.

## Revendications

1. Dispositif (**100**) d'assistance d'un contrôleur aérien ou maritime à l'évitement d'un conflit potentiel, détecté dans un horizon prédéterminé de prédition de trajectoires, entre une première trajectoire (**PN2**) d'un premier aéronef (**30**) et une deuxième trajectoire (**PN1**) d'un deuxième aéronef (**40**) ou entre une première trajectoire (**PN1**) d'un premier navire et une deuxième trajectoire (**PN2**) d'un deuxième navire, chaque trajectoire (**PN1**, **PN2**) étant conforme à un plan de navigation et comprenant une pluralité de segments (**BR**) formés entre une pluralité de points de navigation (**PR**), le dispositif comprenant :
  - une unité de détermination (**110**) pour déterminer au moins une enveloppe latérale périphérique (**EV**) de la première trajectoire (**PN1**), l'enveloppe latérale périphérique délimitant une surface latérale de navigation atteignable par le premier aéronef ou par le premier navire à partir d'une position courante du premier aéronef ou du premier navire, dans lequel l'unité de détermination détermine l'enveloppe latérale périphérique à partir d'un retard maximum autorisé par rapport au dernier point de navigation du plan de navigation de la première trajectoire,
  - une unité de division (**120**) pour diviser l'enveloppe latérale périphérique en une pluralité longitudinale de tronçons (**TR0**, **TR1**, **TR2**, ..., **TR(N)**) juxtaposés les uns à la suite des autres et délimités par des lignes de transition (**LT0**, **LT1**, **LT2**, ..., **LT(N-1)**) marquant le changement de tronçon, chaque ligne de transition coupant, en un premier point d'intersection, un segment de la première trajectoire (**PN1**) et, en un second point d'intersection, un bord de l'enveloppe latérale périphérique,
  - une unité de discrétilisation (**130**) pour discrétiliser chaque ligne de transition en une pluralité de points de transition (**I0**, **I1**, **I2**, ..., **I(N)**), et
  - une unité de calcul (**140**) pour déterminer, à l'aide d'un algorithme de détection de conflit, pour chaque point de transition de chaque ligne de transition, un conflit potentiel entre une trajectoire d'évitement (**PNE**) et la deuxième trajectoire (**PN2**), la trajectoire d'évitement comprenant la position courante du premier aéronef ou du premier navire, la position du point de transition courant et un point de rejointe prédéterminé, et un conflit potentiel étant détecté lorsqu'une distance de séparation horizontale entre la trajectoire d'évitement et la deuxième trajectoire est inférieure à une distance de séparation horizontale prédéterminée (**D**), et pour calculer au moins un contour d'une surface d'évitement de conflit (**SEC**, **SEC1**, **SEC2**), à partir d'une pluralité de positions de points de transition pour

- lesquels l'algorithme de détection de conflit n'a pas déterminé de conflit potentiel entre la trajectoire d'évitement respective et la deuxième trajectoire.
- 5
2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel l'unité de détermination détermine l'enveloppe latérale périphérique à partir de caractéristiques de performance du premier aéronef ou du premier navire.
- 10
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'unité de détermination détermine une enveloppe latérale périphérique droite (**EV1**) et une enveloppe latérale périphérique gauche (**EV2**).
- 15
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les lignes de transition sont des lignes rectilignes ou des arcs dont le centre est le premier point de navigation ou la position courante du premier aéronef.
- 20
5. Dispositif selon la revendication 4, lorsque les lignes de transition sont des lignes rectilignes, lesdites lignes de transition sont perpendiculaires à une droite (**DIR**) joignant la position courante du premier aéronef le point de rejoints prédéterminé.
- 25
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, pour l'assistance d'un contrôleur aérien, comprenant en outre une interface graphique adaptée pour présenter en temps réel les surfaces d'évitement de conflit au contrôleur aérien.
- 30
7. Procédé (**200**) d'assistance d'un contrôleur aérien ou maritime à l'évitement d'un conflit potentiel, détecté dans un horizon prédéterminé de prédiction de trajectoires, entre une première trajectoire (**PN1**) d'un premier aéronef (**30**) et une deuxième trajectoire (**PN1**) d'un deuxième aéronef (**40**) ou entre une première trajectoire (**PN1**) d'un premier navire et une deuxième trajectoire (**PN2**) d'un deuxième navire, chaque trajectoire (**PN1**, **PN2**) étant conforme à un plan de navigation et comprenant une pluralité de segments (**BR**) formés entre une pluralité de points de navigation (**PR**), le procédé comprenant les étapes suivantes :
- 35
- déterminer (**210**) au moins une enveloppe latérale périphérique (**EV**) de la première trajectoire (**PN1**), l'enveloppe latérale périphérique délimitant une surface latérale de navigation atteignable par le premier aéronef ou par le premier navire à partir d'une position courante du premier aéronef ou du premier navire, dans lequel l'unité de détermination détermine l'enveloppe latérale périphérique à partir d'un retard maximum autorisé par rapport au dernier point
- 40
- 45
- 50
- 55
- de navigation du plan de navigation de la première trajectoire,
- diviser (**220**) l'enveloppe latérale périphérique en une pluralité longitudinale de tronçons (**TR0**, **TR1**, **TR2**, ..., **TR(N)**) juxtaposés les uns à la suite des autres et délimités par des lignes de transition (**LT0**, **LT1**, **LT2**, ..., **LT(N-1)**) marquant le changement de tronçon, chaque ligne de transition coupant, en un premier point d'intersection, un segment de la première trajectoire (**PN1**) et, en un second point d'intersection, un bord de l'enveloppe latérale périphérique, - discrétiliser (**230**) chaque ligne de transition en une pluralité de points de transition (**I0**, **I1**, **I2**, ..., **I(N)**),
- déterminer (**240**), à l'aide d'un algorithme de détection de conflit, pour chaque point de transition de chaque ligne de transition, un conflit potentiel entre une trajectoire d'évitement (**PNE**) et la deuxième trajectoire (**PN2**), la trajectoire d'évitement comprenant la position courante du premier aéronef ou du premier navire, la position du point de transition courant et un point de rejoints prédéterminé, et un conflit potentiel étant détecté lorsqu'une distance de séparation horizontale entre la trajectoire d'évitement et la deuxième trajectoire est inférieure à une distance de séparation horizontale prédéterminée (**D**),
- calculer (**250**) au moins un contour d'une surface d'évitement de conflit (**SEC**, **SEC1**, **SEC2**), à partir d'une pluralité de positions de points de transition pour lesquels l'algorithme de détection de conflit n'a pas déterminé de conflit potentiel entre la trajectoire d'évitement respective et la deuxième trajectoire.
8. Procédé selon la revendication 7 comprenant en outre la détermination de l'enveloppe latérale périphérique à partir de caractéristiques de performance du premier aéronef ou du premier navire.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8 comprenant en outre la détermination d'une enveloppe latérale périphérique droite (**EV1**) et une enveloppe latérale périphérique gauche (**EV2**).
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel les lignes de transition sont des lignes rectilignes ou des arcs dont le centre est le premier point de navigation ou la position courante du premier aéronef.
11. Procédé selon la revendication 10, lorsque les lignes de transition sont des lignes rectilignes, lesdites lignes de transition sont perpendiculaires à une droite (**DIR**) joignant la position courante du premier aéronef le point de rejoints prédéterminé.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung (100) zur Unterstützung eines Fluglotsen oder Schifffahrtslotsen bei der Vermeidung eines potentiellen Konflikts, der in einem vorbestimmten Vorhersagehorizont von Trajektorien erkannt wird, zwischen einer ersten Trajektorie (PN2) eines ersten Luftfahrzeugs (30) und einer zweiten Trajektorie (PN1) eines zweiten Luftfahrzeugs (40) oder zwischen einer ersten Trajektorie (PN1) eines ersten Schiffes und einer zweiten Trajektorie (PN2) eines zweiten Schiffes, wobei jede Trajektorie (PN1, PN2) einem Navigationsplan entspricht und eine Vielzahl von Segmenten (BR) umfasst, die zwischen einer Vielzahl von Navigationspunkten (PR) gebildet werden, wobei die Vorrichtung umfasst:

- eine Bestimmungseinheit (110) zum Bestimmen wenigstens einer seitlichen Umfangshülle (EV) der ersten Trajektorie (PN1), wobei die seitliche Umfangshülle eine seitliche Navigationsfläche begrenzt, die durch das erste Luftfahrzeug oder durch das erste Schiff von einer aktuellen Position des ersten Luftfahrzeugs oder des ersten Schiffes aus erreichbar ist, wobei die Bestimmungseinheit die seitliche Umfangshülle aus einer maximalen zulässigen Verzögerung in Bezug auf den letzten Navigationspunkt des Navigationsplans der ersten Trajektorie bestimmt,
- eine Aufteilungseinheit (120) zum Aufteilen der seitlichen Umfangshülle in eine in Längsrichtung angeordnete Vielzahl von Teilstücken (TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)), die unmittelbar hintereinander liegen und von Übergangslinien (LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)) begrenzt werden, die den Teilstückwechsel markieren, wobei jede Übergangslinie in einem ersten Schnittpunkt ein Segment der ersten Trajektorie (PN1) und in einem zweiten Schnittpunkt einen Rand der seitlichen Umfangshülle schneidet,
- eine Diskretisierungseinheit (130) zum Diskretisieren jeder Übergangslinie in eine Vielzahl von Übergangspunkten (I0, I1, I2, ..., I(N)), und
- eine Berechnungseinheit (140) zum Bestimmen, mithilfe eines Algorithmus zur Konfliktkennung, für jeden Übergangspunkt jeder Übergangslinie, eines potentiellen Konflikts zwischen einer Vermeidungstrajektorie (PNE) und der zweiten Trajektorie (PN2), wobei die Vermeidungstrajektorie die aktuelle Position des ersten Luftfahrzeugs oder des ersten Schiffes, die Position des aktuellen Übergangspunktes und einen vorbestimmten Wiedervereinigungspunkt umfasst, und wobei ein potentieller Konflikt erkannt wird, wenn ein horizontaler Trennungsabstand zwischen der Vermeidungstrajektorie und der zweiten Trajektorie kleiner als

ein vorbestimmter horizontaler Trennungsabstand (D) ist, und zum Berechnen wenigstens einer Kontur einer Konfliktvermeidungsfläche (SEC, SEC1, SEC2) aus einer Vielzahl von Positionen von Übergangspunkten, für welche der Algorithmus zur Konfliktkennung keinen potentiellen Konflikt zwischen der jeweiligen Vermeidungstrajektorie und der zweiten Trajektorie erkannt hat.

- 5 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bestimmungseinheit die seitliche Umfangshülle aus Leistungsmerkmalen des ersten Luftfahrzeugs oder des ersten Schiffes bestimmt.
- 10 3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestimmungseinheit eine rechte seitliche Umfangshülle (EV1) und eine linke seitliche Umfangshülle (EV2) bestimmt.
- 15 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Übergangslinien gerade Linien sind, oder Bögen, deren Mittelpunkt der erste Navigationspunkt oder die aktuelle Position des ersten Luftfahrzeugs ist.
- 20 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Übergangslinien gerade Linien sind, wobei die Übergangslinien senkrecht zu einer Geraden (DIR) sind, welche die aktuelle Position des ersten Luftfahrzeugs mit dem vorbestimmten Wiedervereinigungspunkt verbindet.
- 25 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Unterstützung eines Fluglotsen, welche außerdem eine grafische Schnittstelle umfasst, die dafür eingerichtet ist, die Konfliktvermeidungsflächen in Echtzeit dem Fluglotsen zu präsentieren.
- 30 7. Verfahren (200) zur Unterstützung eines Fluglotsen oder Schifffahrtslotsen bei der Vermeidung eines potentiellen Konflikts, der in einem vorbestimmten Vorhersagehorizont von Trajektorien erkannt wird, zwischen einer ersten Trajektorie (PN1) eines ersten Luftfahrzeugs (30) und einer zweiten Trajektorie (PN1) eines zweiten Luftfahrzeugs (40) oder zwischen einer ersten Trajektorie (PN1) eines ersten Schiffes und einer zweiten Trajektorie (PN2) eines zweiten Schiffes, wobei jede Trajektorie (PN1, PN2) einem Navigationsplan entspricht und eine Vielzahl von Segmenten (BR) umfasst, die zwischen einer Vielzahl von Navigationspunkten (PR) gebildet werden, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
- 35 8. Bestimmen (210) wenigstens einer seitlichen Umfangshülle (EV) der ersten Trajektorie (PN1), wobei die seitliche Umfangshülle eine seitliche Navigationsfläche begrenzt, die durch das erste Luftfahrzeug oder das erste Schiff von einer aktuellen Position des ersten Luftfahrzeugs oder des ersten Schiffes aus erreichbar ist, wobei die Bestimmungseinheit die seitliche Umfangshülle aus einer maximalen zulässigen Verzögerung in Bezug auf den letzten Navigationspunkt des Navigationsplans der ersten Trajektorie bestimmt,
- 40 9. Aufteilung (220) der seitlichen Umfangshülle in eine in Längsrichtung angeordnete Vielzahl von Teilstücken (TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)), die unmittelbar hintereinander liegen und von Übergangslinien (LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)) begrenzt werden, die den Teilstückwechsel markieren, wobei jede Übergangslinie in einem ersten Schnittpunkt ein Segment der ersten Trajektorie (PN1) und in einem zweiten Schnittpunkt einen Rand der seitlichen Umfangshülle schneidet,
- 45 10. Diskretisierung (230) jeder Übergangslinie in eine Vielzahl von Übergangspunkten (I0, I1, I2, ..., I(N)), und
- 50 11. Berechnung (240) eines potentiellen Konflikts zwischen einer Vermeidungstrajektorie (PNE) und der zweiten Trajektorie (PN2), wobei die Vermeidungstrajektorie die aktuelle Position des ersten Luftfahrzeugs oder des ersten Schiffes, die Position des aktuellen Übergangspunktes und einen vorbestimmten Wiedervereinigungspunkt umfasst, und wobei ein potentieller Konflikt erkannt wird, wenn ein horizontaler Trennungsabstand zwischen der Vermeidungstrajektorie und der zweiten Trajektorie kleiner als
- 55 12. Bestimmen (250) einer Konfliktvermeidungsfläche (SEC, SEC1, SEC2) aus einer Vielzahl von Positionen von Übergangspunkten, für welche der Algorithmus zur Konfliktkennung keinen potentiellen Konflikt zwischen der jeweiligen Vermeidungstrajektorie und der zweiten Trajektorie erkannt hat.

- Luftfahrzeug oder durch das erste Schiff von einer aktuellen Position des ersten Luftfahrzeugs oder des ersten Schiffes aus erreichbar ist, wobei die Bestimmungseinheit die seitliche Umfangshülle aus einer maximalen zulässigen Verzögerung in Bezug auf den letzten Navigationspunkt des Navigationsplans der ersten Trajektorie bestimmt,
- Aufteilen (220) der seitlichen Umfangshülle in eine in Längsrichtung angeordnete Vielzahl von Teilstücken (TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)), die unmittelbar hintereinander liegen und von Übergangslinien (LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)) begrenzt werden, die den Teilstückwechsel markieren, wobei jede Übergangslinie in einem ersten Schnittpunkt ein Segment der ersten Trajektorie (PN1) und in einem zweiten Schnittpunkt einen Rand der seitlichen Umfangshülle schneidet,
- Diskretisieren (230) jeder Übergangslinie in eine Vielzahl von Übergangspunkten (I0, I1, I2, ..., I(N)),
- Bestimmen (240), mithilfe eines Algorithmus zur Konflikterkennung, für jeden Übergangspunkt jeder Übergangslinie, eines potentiellen Konflikts zwischen einer Vermeidungstrajektorie (PNE) und der zweiten Trajektorie (PN2), wobei die Vermeidungstrajektorie die aktuelle Position des ersten Luftfahrzeugs oder des ersten Schiffes, die Position des aktuellen Übergangspunktes und einen vorbestimmten Wiedervereinigungspunkt umfasst, und wobei ein potentieller Konflikt erkannt wird, wenn ein horizontaler Trennungsabstand zwischen der Vermeidungstrajektorie und der zweiten Trajektorie kleiner als ein vorbestimmter horizontaler Trennungsabstand (D) ist,
- Berechnen (250) wenigstens einer Kontur einer Konfliktvermeidungsfläche (SEC, SEC1, SEC2) aus einer Vielzahl von Positionen von Übergangspunkten, für welche der Algorithmus zur Konflikterkennung keinen potentiellen Konflikt zwischen der jeweiligen Vermeidungstrajektorie und der zweiten Trajektorie erkannt hat.
8. Verfahren nach Anspruch 7, welches außerdem die Bestimmung der seitlichen Umfangshülle aus Leistungsmerkmalen des ersten Luftfahrzeugs oder des ersten Schiffes umfasst.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, welches außerdem die Bestimmung einer rechten seitlichen Umfangshülle (EV1) und einer linken seitlichen Umfangshülle (EV2) umfasst.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Übergangslinien gerade Linien sind, oder Bögen, deren Mittelpunkt der erste Navigationspunkt oder
- 5 die aktuelle Position des ersten Luftfahrzeugs ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Übergangslinien gerade Linien sind, wobei die Übergangslinien senkrecht zu einer Geraden (DIR) sind, welche die aktuelle Position des ersten Luftfahrzeugs mit dem vorbestimmten Wiedervereinigungspunkt verbindet.

## 10 Claims

1. Device (**100**) for assisting an air or maritime traffic controller in avoiding a potential conflict, detected within a predetermined path-prediction horizon, between a first path (**PN2**) of a first aircraft (**30**) and a second path (**PN1**) of a second aircraft (**40**) or between a first path (**PN1**) of a first vessel and a second path (**PN2**) of a second vessel, each path (**PN1, PN2**) comprising a plurality of segments (**BR**) formed between a plurality of navigation points (**PR**), the device comprising:
  - a determination unit (**110**) for determining at least one peripheral lateral envelope (EV) of the first path (**PN1**), the peripheral lateral envelope defining a lateral navigation surface attainable by the first aircraft or by the first vessel from a current position of the first aircraft or of the first vessel, wherein the determination unit determines the peripheral lateral envelope from a maximum authorized delay related to the last navigation point of the navigation plan of the first path,
  - a division unit (**120**) for dividing the peripheral lateral envelope into a longitudinal plurality of adjacent sections (**TR0, TR1, TR2, ..., TR(N)**) next to one another and delineated by transition lines (**LT0, LT1, LT2, ..., LT(N-1)**) marking the change of section, each transition line intersecting a segment of the first path (**PN1**) at a first point of intersection, and an edge of the peripheral lateral envelope at a second point of intersection,
  - a discretization unit (**130**) for discretizing each transition line into a plurality of transition points (**I0, I1, I2, ..., I(N)**), and
  - a calculation unit (**140**) for determining for each transition point of each transition line, using a conflict detection algorithm, a potential conflict between an avoidance path (**PNE**) and the second path (**PN2**), the avoidance path comprising the current position of the first aircraft or of the first vessel, the position of the current transition point, and a predetermined meeting point, a potential conflict being detected when a horizontal separation distance between the avoidance path and the second path is less than a predetermined horizontal separation distance (**D**); and

- for calculating at least one outline of a conflict avoidance surface (**SEC**, **SEC1**, **SEC2**), from a plurality of transition point positions for which the conflict detection algorithm has not determined a potential conflict between the respective avoidance path and the second path. 5
2. Device according to claim 1, wherein the determination unit determines the peripheral lateral envelope based on performance characteristics of the first aircraft or of the first vessel. 10
3. Device according to any one of the preceding claims, wherein the determination unit determines a right peripheral lateral envelope (**EV1**) and a left peripheral lateral envelope (**EV2**). 15
4. Device according to any one of the preceding claims, wherein the transition lines are rectilinear lines or arcs for which the center is the first navigation point or the current position of the first aircraft. 20
5. Device according to claim 4, wherein, when the transition lines are rectilinear lines, said transition lines are perpendicular to a straight line (**DIR**) connecting the current position of the first aircraft and the predetermined meeting point. 25
6. Device according to one of the preceding claims, for assisting an air traffic controller, further comprising a graphical interface capable of presenting the conflict avoidance surfaces to the air traffic controller in real time. 30
7. Method (**200**) for assisting an air or maritime traffic controller in avoiding a potential conflict, detected within a predetermined path-prediction horizon, between a first path (**PN1**) of a first aircraft (**30**) and a second path (**PN1**) of a second aircraft (**40**) or between a first path (**PN1**) of a first vessel and a second path (**PN2**) of a second vessel, each path (**PN1**, **PN2**) comprising a plurality of segments (**BR**) formed between a plurality of navigation points (**PR**), the method comprising the following steps: 35
- determining (**210**) at least one peripheral lateral envelope (**EV**) of the first path (**PN1**), the peripheral lateral envelope defining a lateral navigation surface attainable by the first aircraft or by the first vessel from a current position of the first aircraft or of the first vessel, wherein the determination unit determines the peripheral lateral envelope from a maximum authorized delay related to the last navigation point of the navigation plan of the first path, 50
- dividing (**220**) the peripheral lateral envelope into a longitudinal plurality of adjacent sections (**TR0**, **TR1**, **TR2**, ..., **TR(N)**) next to one another 55
- and delineated by transition lines (**LT0**, **LT1**, **LT2**, ..., **LT(N-1)**) marking the change of section, each transition line intersecting a segment of the first path (**PN1**) at a first point of intersection, and an edge of the peripheral lateral envelope at a second point of intersection,
- discretizing (**230**) each transition line into a plurality of transition points (**I0**, **I1**, **I2**, ..., **I(N)**),
- determining (**240**) for each transition point of each transition line, using a conflict detection algorithm, a potential conflict between an avoidance path (**PNE**) and the second path (**PN2**), the avoidance path comprising the current position of the first aircraft or of the first vessel, the position of the current transition point, and a predetermined meeting point, a potential conflict being detected when a horizontal separation distance between the avoidance path and the second path is less than a predetermined horizontal separation distance (**D**),
- calculating (**250**) at least one outline of a conflict avoidance surface (**SEC**, **SEC1**, **SEC2**), from a plurality of transition point positions for which the conflict detection algorithm has not determined a potential conflict between the respective avoidance path and the second path. 25
8. Method according to claim 7, further comprising the determination of the peripheral lateral envelope based on performance characteristics of the first aircraft or of the first vessel. 30
9. Method according to any one of claims 7 or 8, further comprising the determination of a right peripheral lateral envelope (**EV1**) and a left peripheral lateral envelope (**EV2**). 35
10. Method according to any one of claims 7 to 9, wherein the transition lines are rectilinear lines or arcs for which the center is the first navigation point or the current position of the first aircraft. 40
11. Method according to claim 10, wherein, when the transition lines are rectilinear lines, said transition lines are perpendicular to a straight line (**DIR**) connecting the current position of the first aircraft and the predetermined meeting point. 45

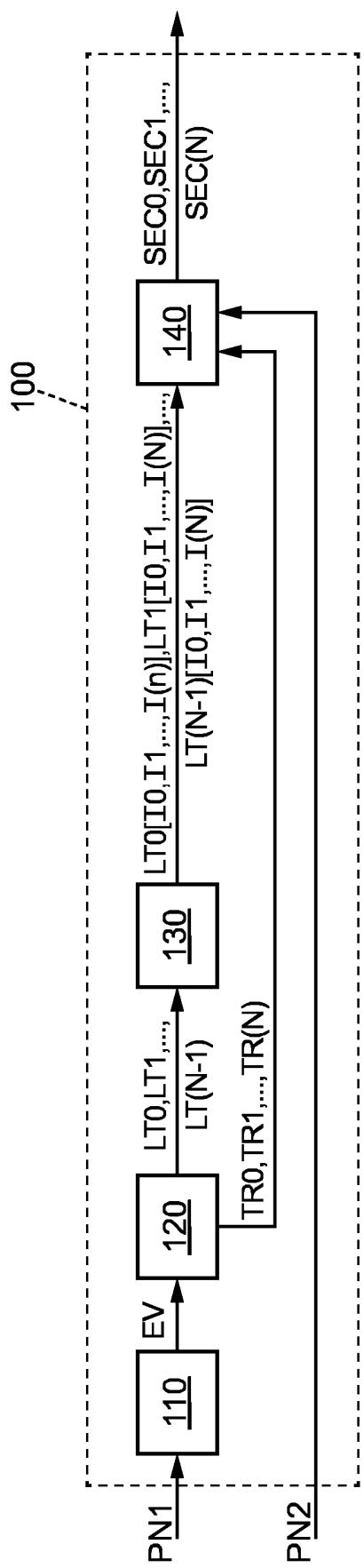


FIG. 1

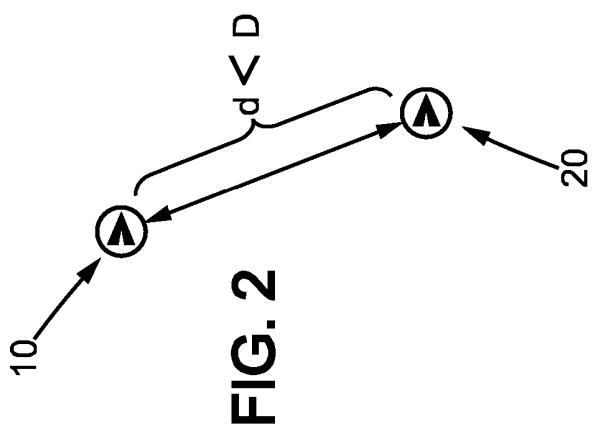
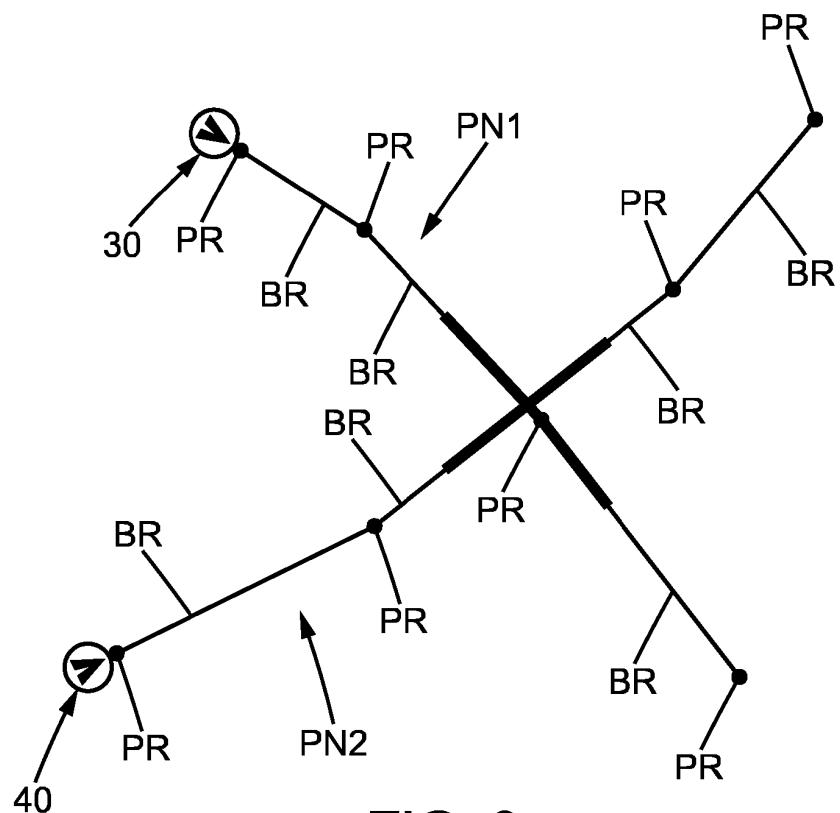
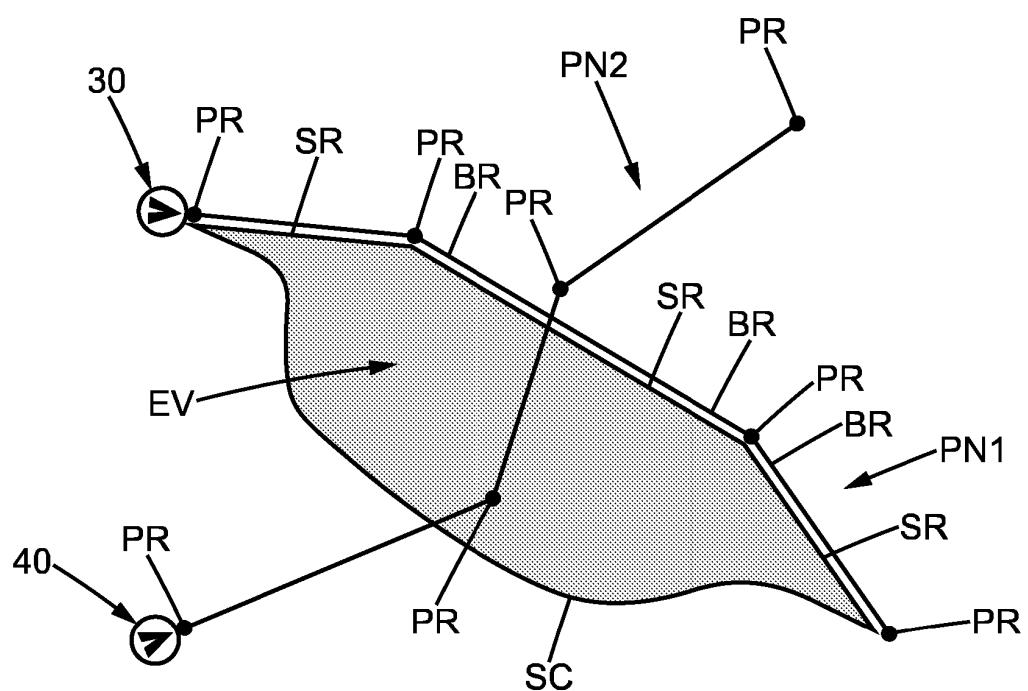


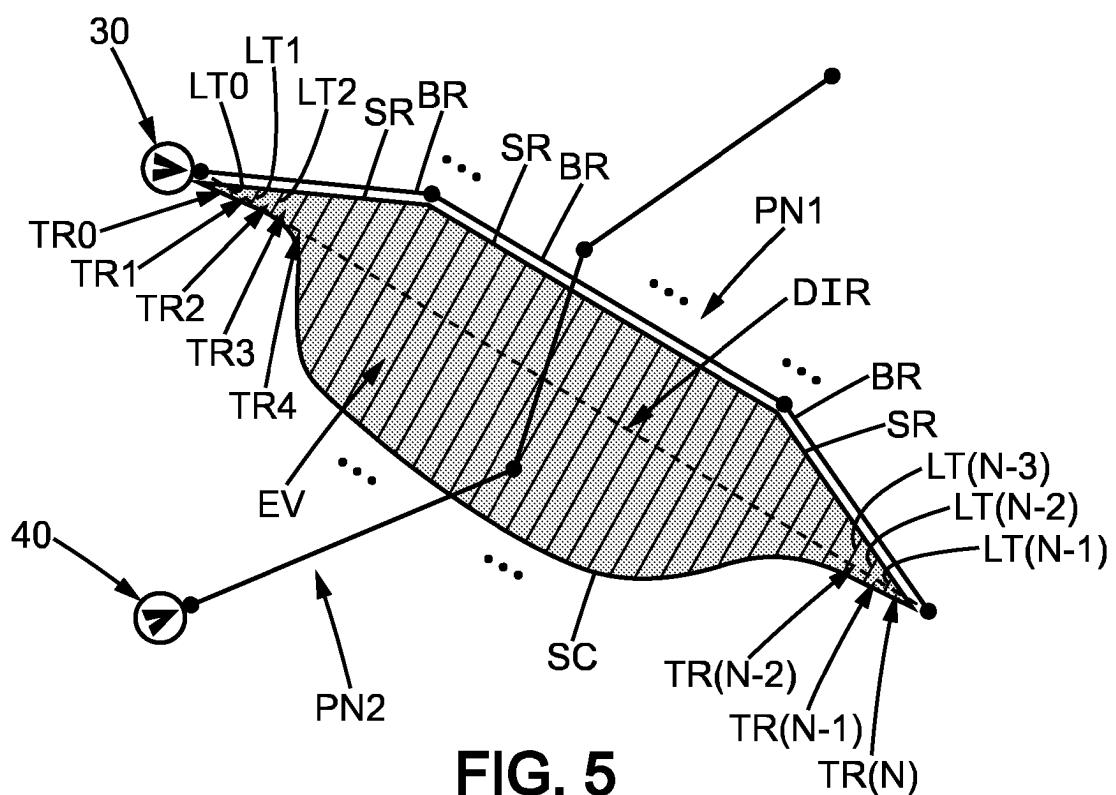
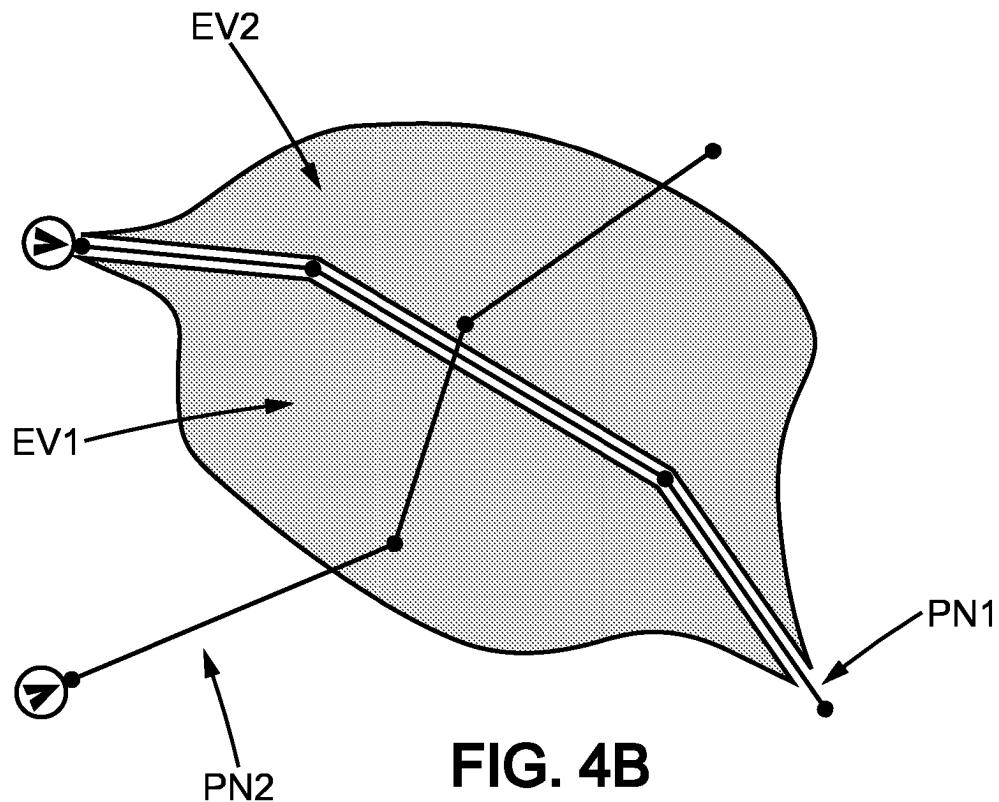
FIG. 2

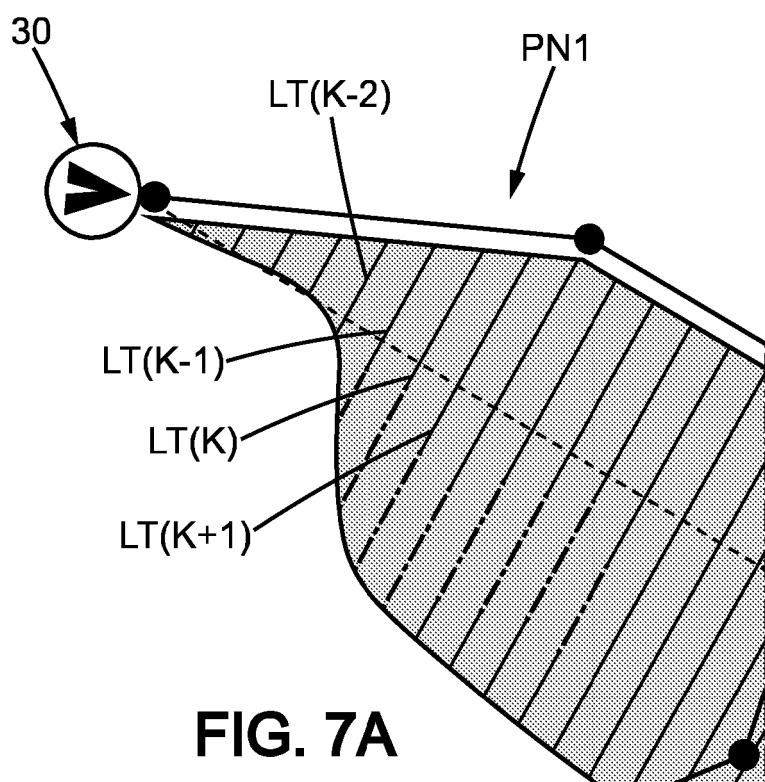
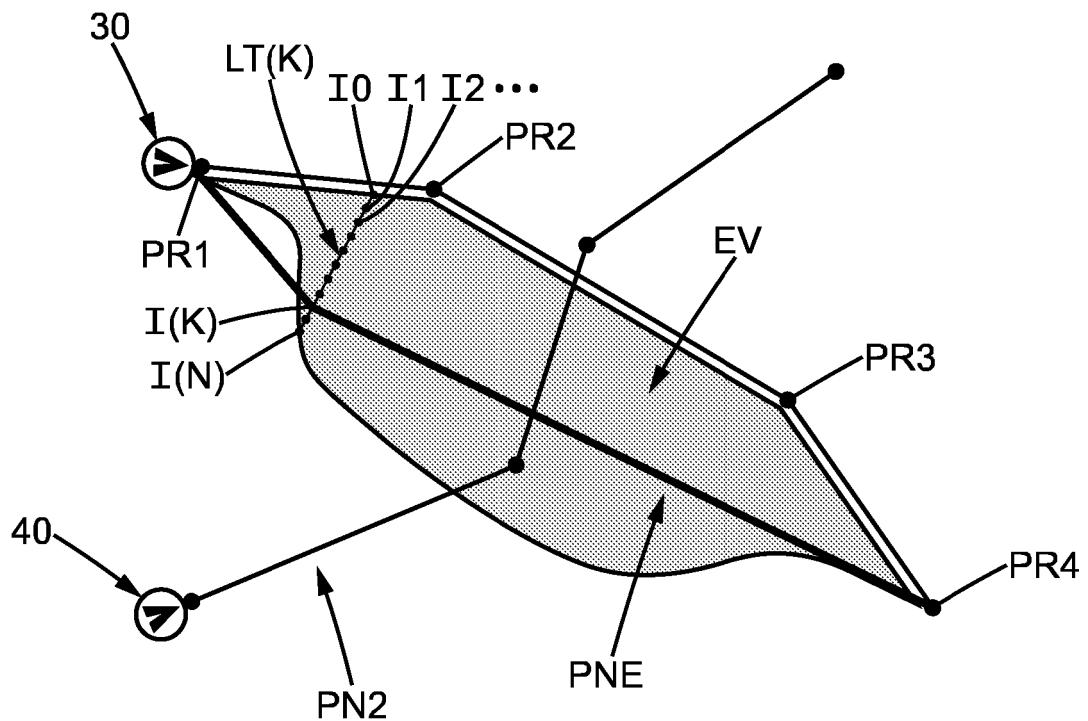


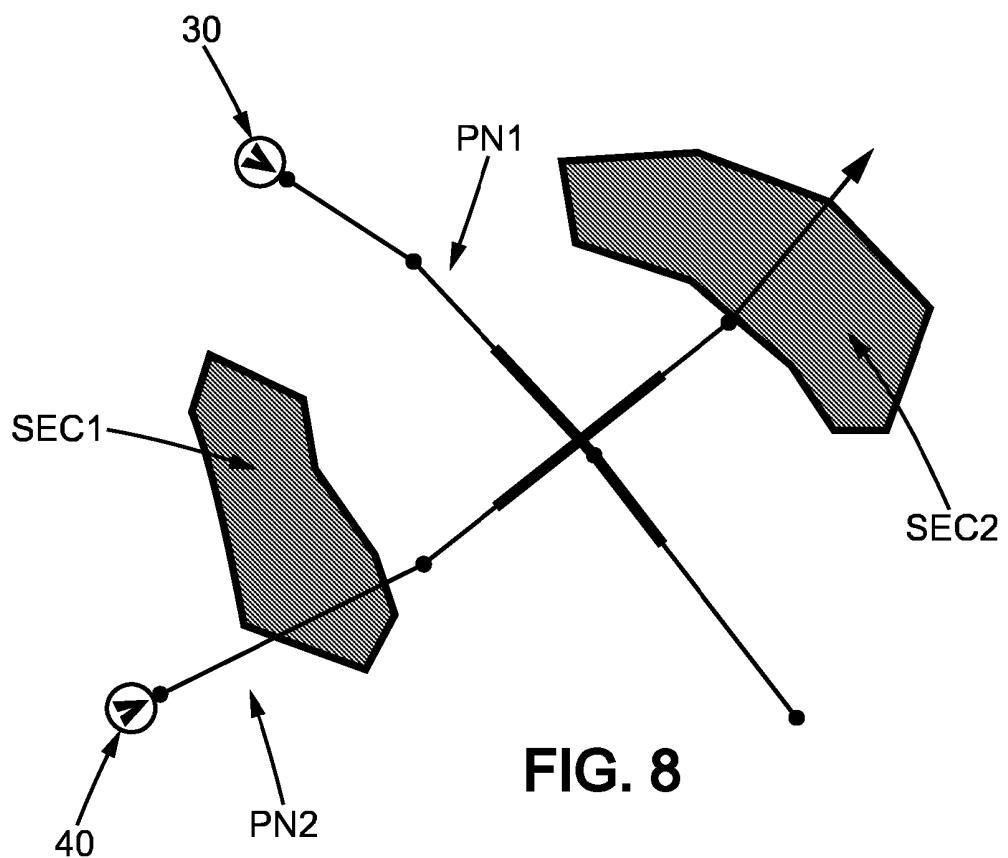
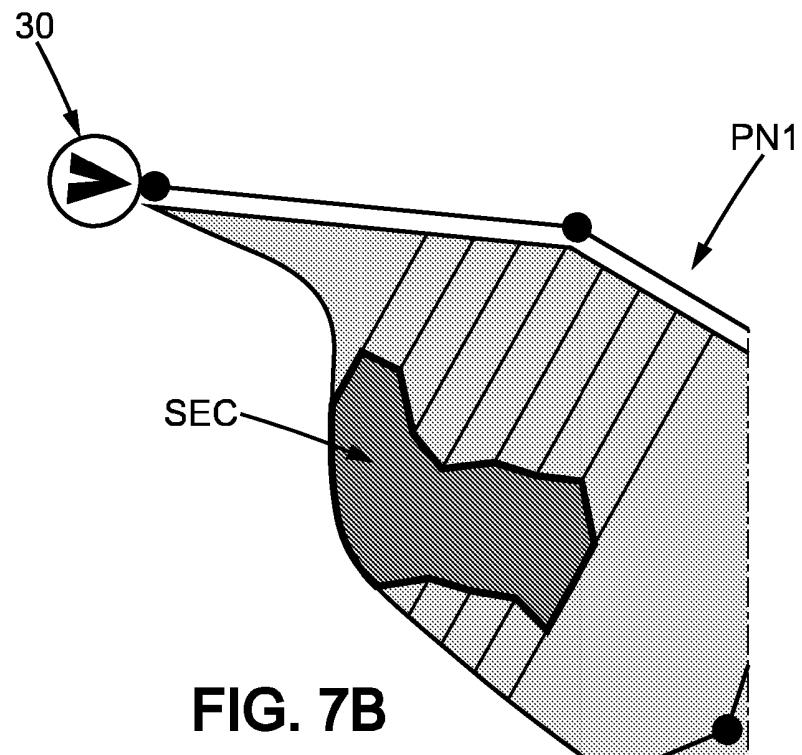
**FIG. 3**

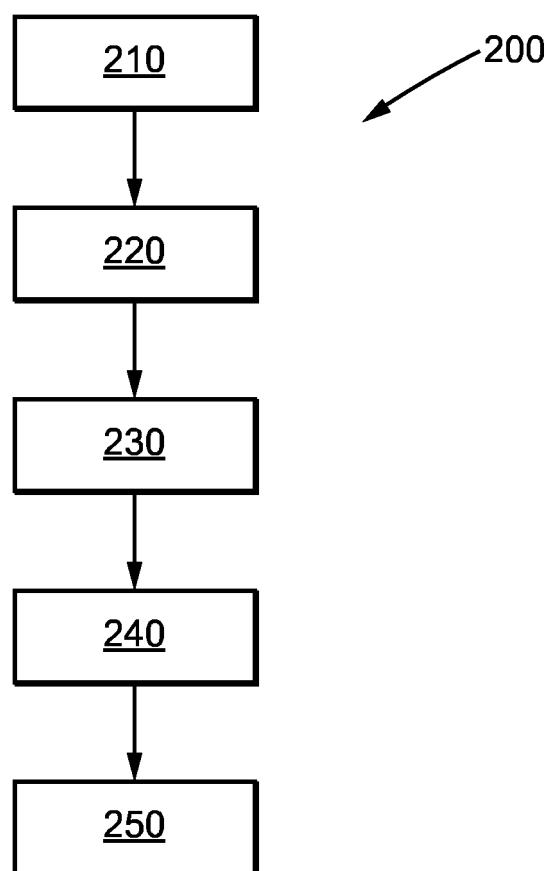


**FIG. 4A**









**FIG. 9**

**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 20090125221 A1 **[0008]**