

(19)



(11)

EP 3 415 860 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
19.12.2018 Bulletin 2018/51

(51) Int Cl.:
F41H 11/02 (2006.01) F41G 7/22 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18175386.4**

(22) Date de dépôt: **31.05.2018**

(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
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **THALES**
92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeur: **STOLZ, Pierre**
94828 Rungis Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Lucas, Laurent Jacques et al**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble Visium
22, Avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(30) Priorité: **16.06.2017 FR 1700646**

(54) **PROCEDE DE PREDICTION DE LA TRAJECTOIRE D'UN AERONEF HOSTILE NOTAMMENT DANS LE CADRE D'UNE DEFENSE ANTIAERienne**

(57) L'invention concerne un procédé de prédiction de la trajectoire d'un aéronef hostile.

Le procédé comporte une première étape (1) de prédiction d'un point d'objectif visé par un aéronef, une deuxième étape (2) de détermination d'un point d'impact

fictif fonction du point d'objectif prédit et une troisième étape (3) de détermination d'une trajectoire finissant sur le point d'impact fictif.

Application : Défense navale antiaérienne.

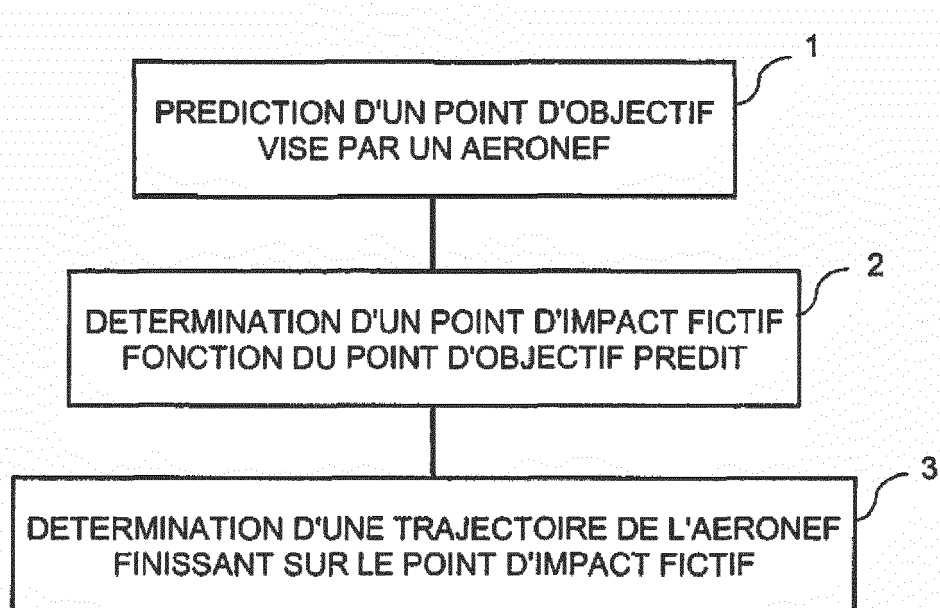


Fig. 2

EP 3 415 860 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de prédiction de la trajectoire d'un aéronef hostile. Elle concerne notamment la défense antiaérienne navale par la prédiction de l'objectif visé par un aéronef hostile attaquant un navire parmi plusieurs possibles, l'aéronef pouvant être par exemple un missile. Plus généralement l'invention s'applique à toutes défenses antiaériennes où il est nécessaire de prévoir la cible attaquée parmi plusieurs.

[0002] Un ensemble de navires susceptible d'être attaqué par des aéronefs hostiles est constitué par exemple d'une frégate, d'un bâtiment naval important armé et de plusieurs bâtiments navals importants non nécessairement armés. La frégate est par exemple suivie à une distance d'environ 15 km pour le bâtiment naval armé, les deux bâtiments non armés suivant la frégate de façon plus rapprochée. Le bâtiment important armé a de puissants moyens de défense pour se protéger, c'est par exemple un porte-avions, mais il nécessite néanmoins d'être défendu par une première barrière de défense constituée de la frégate. Cette dernière doit par exemple supprimer 80 % des dangers.

[0003] En cas d'attaque aérienne, des systèmes permettent actuellement de prévoir lequel des bâtiments est visé par l'aéronef hostile, ce peut être a priori indifféremment la frégate, le bâtiment important armé ou un des bâtiments importants. Ces systèmes utilisent notamment des radars qui effectuent des mesures échantillonnées de la trajectoire d'un aéronef hostile, par exemple toutes les secondes. A chaque échantillonnage, un vecteur vitesse de l'aéronef est déduit. Une donnée constituée de la position mesurée et de la vitesse de l'aéronef est généralement appelée une piste. Le système de défense utilise la suite des pistes d'un aéronef hostile repéré pour prédire lequel des bâtiments est visé par cet aéronef. Les systèmes actuels présentent encore un taux d'incertitude qui constitue un point faible de leur action de défense antiaérienne.

[0004] Le but de l'invention est notamment de réduire ce taux d'incertitude.

[0005] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de prédiction de la trajectoire d'un aéronef hostile, caractérisé en ce que la trajectoire prédite finit sur un point d'impact fictif fonction d'un point d'objectif prédit visé par l'aéronef.

[0006] L'invention a pour principaux avantages qu'elle s'applique pour contrer de nombreux types d'aéronefs hostiles, qu'elle s'adapte à différents types de trajectoires de ces aéronefs et qu'elle peut s'adapter à des systèmes déjà existants.

[0007] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard des dessins annexés qui représentent :

- la figure 1 : un ensemble de bâtiments navals et un aéronef hostile repérés par leur position ;

- la figure 2 : une succession d'étapes pour un exemple de mise en oeuvre possible du procédé selon l'invention ;
- la figure 3 : une décomposition possible d'une première étape du procédé selon l'invention ;
- la figure 4 : une trajectoire possible d'un aéronef hostile ;
- la figure 5 : une loi de probabilité élémentaire fonction de l'angle de cap d'un aéronef hostile ;
- la figure 6 : une évolution possible de vecteurs vitesses d'un aéronef hostile par rapport à un navire donné ;
- la figure 7 : une trajectoire estimée d'un aéronef hostile et la trajectoire réelle de ce dernier ;
- les figures 8 et 9 : une illustration d'une méthode possible pour obtenir un point d'impact fictif fonction d'un objectif visé par un aéronef hostile ;
- la figure 10 : une illustration d'un exemple de loi possible donnant la position du point d'impact fictif précité en fonction de l'angle de cap de l'aéronef ;
- la figure 11 : les trajectoires de la figure 7 ainsi qu'une trajectoire de l'aéronef tenant compte du point d'impact fictif précité.

[0008] La figure 1 présente un exemple d'ensemble de bâtiments représentés par leurs points d'emplacement F, C1, C2, HV. Une frégate F devance un bâtiment de haute valeur HV capable de se défendre, un porte-avions par exemple. Une distance d'environ 15 km sépare par exemple la frégate du bâtiment de haute valeur. Deux bâtiments C1, C2, appelés par la suite bâtiments consorts, suivent la frégate. Les bâtiments consorts C1, C2 sont par exemple situés dans une zone circulaire de 6,5 km de rayon centrée sur la frégate F. En cas d'alerte, la frégate ne peut remplir sa mission que si elle connaît ce que vise un aéronef hostile, d'où la nécessité de prédire la cible visée.

[0009] La figure 1 présente à un instant donné, par un point H, la position d'un aéronef hostile. A cet instant, deux trajectoires T1, T2 sont par exemple encore possibles. Il est nécessaire néanmoins de prédire le plus tôt possible quelle est la bonne trajectoire. Une fois la bonne trajectoire définie, celle-ci peut être transmise par exemple à un système de lancement de missiles antiaériens. Connaissant cette trajectoire, des moyens de calcul définissent la trajectoire d'un missile de telle sorte que celle-ci rencontre la trajectoire prédite de l'aéronef hostile, le point d'impact entre les deux engins ayant lieu à l'intersection des deux trajectoires. Les aéronefs hostiles sont par exemple des missiles présentant de grandes facilités de manoeuvres, notamment pour des virages courts.

[0010] La figure 2 illustre des étapes principales pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

[0011] Une première étape 1 prédit un point d'objectif visé par un aéronef repéré, notamment hostile.

[0012] Une deuxième étape 2 détermine un point d'impact fictif fonction du point prédit d'objectif visé.

[0013] Enfin, une troisième étape 3 détermine une tra-

jectoire de l'aéronef finissant sur le point d'impact fictif précédemment déterminé.

[0014] Cette trajectoire est par la suite prise en compte par des moyens antiaériens, un missile par exemple, pour définir un point de rencontre entre ce dernier et l'aéronef hostile à qui est attribuée cette trajectoire, la destruction de l'aéronef hostile se faisant par exemple en ce point de rencontre. Faire appel à un point d'impact fictif pour définir la trajectoire de l'aéronef repéré et non pas faire appel au point d'objectif prédit, améliore en fait les chances de succès de frapper un aéronef hostile. En effet, une fois le point d'objectif de l'aéronef prédit, plusieurs trajectoires sont possibles entre cet aéronef et le point d'objectif prédit. Toutes ces trajectoires ne peuvent pas par exemple être mémorisées par les moyens de calcul associés à un missile antiaérien, ces moyens de calcul définissant notamment à partir d'une trajectoire prédite de l'aéronef le point de rencontre de celui-ci avec le missile. Selon l'invention, une seule trajectoire peut par exemple être mémorisée par les moyens de calcul tandis qu'en jouant sur une des extrémités de cette trajectoire, le point de rencontre calculé sur cette trajectoire peut effectivement correspondre à la rencontre réelle du missile ou de tout autre moyen de défense antiaérienne et de l'aéronef hostile. Un objectif du procédé selon l'invention est donc de fournir au missile antiaérien, à partir d'informations radar et de la position des navires, la position prédite de l'impact entre un aéronef hostile et le missile de façon à favoriser l'interception de l'aéronef hostile.

[0015] La figure 3 illustre un exemple de mise en oeuvre possible du procédé selon l'invention par deux sous-étapes 11, 12, une première sous-étape 11 de classement des navires potentiellement attaquables suivie d'une deuxième sous-étape de détermination de l'objectif visé.

[0016] Un des buts de la première sous-étape 11 est de classer les navires potentiels en fonction de leur probabilité d'être visés par l'aéronef hostile. Les critères pour définir une trajectoire de l'aéronef sont par exemple les suivants :

- l'accélération maximale de l'aéronef hostile ;
- l'alignement de la trajectoire ou du vecteur vitesse de l'aéronef avec la ligne de visée ;
- la distance entre l'hostile et son but ;
- la détection de manoeuvre.

[0017] Concernant l'accélération maximale de l'aéronef hostile, celui-ci est supposé ne pas pouvoir dépasser une accélération maximale notée $\Gamma_{\max}$ par exemple égale à 10 g, g étant l'accélération de la pesanteur. Cette limitation de l'accélération permet de ne pas prendre en considération les navires trop improbables dans la mesure où l'accélération maximale donne le rayon de courbure minimum de l'aéronef.

[0018] Une trajectoire cubique de l'aéronef hostile est par exemple définie dans le plan horizontal (x, y) par la

relation cubique suivante :

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (1)$$

[0019] La figure 4 présente dans le plan (x, y) la position O d'un bâtiment analysé et la position D d'un aéronef hostile, tous les bâtiments étant analysés successivement. La courbe 41 représente une trajectoire cubique, répondant à la relation (1), pour laquelle la définition des conditions aux limites permet de définir les coefficients de la relation (1). L'aéronef présente un vecteur vitesse $\vec{V}$ faisant un angle Ψ avec la droite x passant par les points O et D précités, tel que la distance OD vaut D. on a alors :

$$\Psi = 0,5 \arcsin \left(\frac{2\Gamma(0)D}{3V^2} \right) \quad (2)$$

[0020] Par conséquent, un navire n'est plus atteignable par l'aéronef hostile si l'angle Ψ est supérieur en valeur absolue à l'angle

$$\Psi_{\max} = 0,5 \arcsin \left(\frac{2\Gamma_{\max}D}{3V^2} \right) \quad (3),$$

$\Gamma_{\max}$ étant l'accélération maximale de l'aéronef.

[0021] Les navires qui ne sont plus atteignables ne sont pas pris en compte dans le classement des navires potentiels.

[0022] Concernant l'alignement de la trajectoire ou du vecteur vitesse de l'aéronef avec la ligne de visée, un principe retenu consiste par exemple à associer à un navire une probabilité P_{cap} d'autant plus forte que le cap de la piste de l'aéronef par rapport au bâtiment analysé est faible.

[0023] Si le cap de la piste par rapport au bâtiment analysé est noté Ψ , selon le principe retenu précédemment, si Ψ est supérieur à l'angle $\Psi_{\max}$ défini par la relation (3) précédente, la probabilité P_{cap} est égale à 0. Si Ψ est compris entre $\Psi_{\min}$ et $\Psi_{\max}$, la probabilité décroît linéairement de 1 à 0 comme l'illustre la figure 5, elle vaut 1 quant Ψ est inférieur à $\Psi_{\min}$.

[0024] Concernant la distance entre l'aéronef hostile et son but, l'hypothèse est par exemple faite que plus une cible est proche d'un navire, plus celui-ci est susceptible d'être visé.

[0025] En notant P_{dis} la probabilité du navire d'être visé par l'aéronef hostile selon le critère distance, P_{dis} est défini par la relation suivante :

$$P_{\text{dis}} = e - \frac{d^2}{7} \quad (4)$$

$$d = \frac{D}{Df}$$

avec

D est la distance de l'aéronef au navire

Df est une distance déterminée, par exemple $Df = 5.000m$

[0026] La relation (4) assure alors ainsi une discrimination assez sévère en distance entre 5 km et 15 km.

[0027] Concernant la détection de manoeuvre, l'objectif est de déterminer quels sont les navires vers lesquels se déroule la manoeuvre de l'aéronef hostile. Cette détection repose par exemple sur l'exploitation des résultats d'une régression linéaire sur les dernières positions estimées. Le but de la régression linéaire sur les dernières positions estimées permet de se mettre autant que possible à l'abri d'une erreur d'estimation de la direction prise par l'aéronef hostile. Seule par exemple la fenêtre contenant les quatre dernières positions estimées par le radar multifonctions est considérée.

[0028] La figure 6 illustre le critère de détection de manoeuvre. Un aéronef hostile H présente successivement trois vecteurs vitesses $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3$. Plus le vecteur vitesse de l'aéronef s'approche de la droite 61, passant par le navire Ni considéré et l'aéronef, plus la probabilité Pm , appelée probabilité de manoeuvre, augmente. La probabilité de manoeuvre dépend par exemple de la position relative des trois derniers vecteurs vitesses $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3$ par rapport la droite précitée 61, cette probabilité augmentant quand ces vecteurs se rapprochent successivement de la droite, c'est-à-dire que l'angle qu'ils font avec la droite diminue.

[0029] Dès qu'un vecteur vitesse $\vec{V}_4$ franchit la droite, c'est-à-dire que son angle relatif avec celle-ci change de signe, la probabilité Pm se fige à 1, c'est-à-dire qu'elle n'intervient plus dans la combinaison avec les autres critères. Pour réduire la sensibilité à des valeurs erronées, la probabilité Pm est figée à 1 par exemple après un nombre donné de vecteurs vitesse $\vec{V}_4$ successifs de l'aéronef situé du même côté de la droite ; ce nombre peut être égal par exemple à 3.

[0030] Le classement des navires se fait, en combinant pour chacun d'eux les résultats des trois probabilités précédemment définies $Pcap$, $Pdis$ et Pm .

[0031] Ainsi pour le navire n°i, sa probabilité $Pv(i)$ d'être visé est égale au produit $Pcap(i)$, $Pdis(i)$, $Pm(i)$.

[0032] Les navires sont par exemple classés selon la probabilité $Pv = Pcap \times Pdis \times Pm$.

[0033] Pour la deuxième sous-étape 12 de détermination de l'objectif visé, deux possibilités sont par exemple possibles.

[0034] La première possibilité consiste simplement à retenir le navire ayant la probabilité d'être visé Pv la plus élevée.

[0035] La seconde possibilité consiste à réaliser le cal-

cul d'un barycentre à partir de la position de chaque navire pondérée par sa probabilité d'être visé Pv , le barycentre calculé étant alors considéré comme le point visé par l'aéronef. Cette seconde solution permet notamment d'éliminer des discontinuités.

[0036] Dans le cas de quatre navires potentiels, la position $\vec{O}$ de l'objectif visé est alors par exemple donné par la relation suivante :

$$\vec{O} = \frac{\sum_{i=1}^4 Pv(i) \cdot \vec{X}(i)}{\sum_{i=1}^4 Pv(i)} \quad (5)$$

$\vec{X}(i)$ indiquant la position du i^{ème} navire.

[0037] Une fois réalisée la première étape 1 de prédiction d'un objectif visé par l'aéronef, la deuxième étape 2 détermine un point d'impact fictif fonction de cet objectif prédit, cet objectif pouvant être par exemple le navire de plus forte probabilité d'être visé ou le barycentre tel que calculé précédemment.

[0038] Il a été vu précédemment que la trajectoire d'un hostile a été approximée à bord d'un missile de défense, par exemple, par une trajectoire cubique 41.

[0039] Pour D et Ψ grands, la courbure de la trajectoire cubique est donc importante. Ainsi, comme l'illustre la figure 7, si l'on se place au début de la manoeuvre 72 sur la trajectoire 71 d'un aéronef hostile à une distance d'environ 20 km avec un angle de cap Ψ environ égal à 60° , la trajectoire cubique calculée 73 s'éloigne de façon importante de la trajectoire vraie de l'aéronef.

[0040] Néanmoins, si les moyens de calcul du missile de défense antiaérienne ne peuvent extrapoler qu'un seul type de trajectoire, en l'occurrence par exemple une trajectoire cubique, la deuxième étape 2 selon l'invention, permet de rapprocher la trajectoire cubique prédite 73 de la trajectoire réelle, notamment en réduisant sa courbure.

[0041] La deuxième étape 2 consiste notamment, à partir de l'objectif visé déterminé lors de l'étape 1, à calculer un point d'impact fictif qui réduit la courbure, en réduisant la distance D et l'angle de cap Ψ lorsque ces derniers sont trop importants. La réduction de la courbure de la trajectoire cubique rapproche ainsi cette dernière de la trajectoire réelle.

[0042] Le point d'impact fictif est par exemple situé sur le segment de droite compris entre l'objectif visé prédit et la projection orthogonale de cet objectif prédit sur la droite portée par le vecteur vitesse de l'aéronef hostile comme l'illustre la figure 8. L'objectif visé prédit est par exemple soit le navire ayant la plus forte probabilité d'être visé, soit le barycentre des navires pondérés de leurs probabilités d'être visés.

[0043] Dans un système d'axes horizontaux perpendiculaires qui ne sont plus orientés comme ceux de la

figure 4, la figure 8 représente par un point P et un vecteur $\vec{V}$, la position et le vecteur vitesse d'un aéronef hostile, le couple $(P, \vec{V})$ étant encore appelé piste comme il a été vu précédemment.

[0044] La deuxième étape détermine par exemple un point d'impact fictif I situé sur le segment de droite 81 compris entre la position O de l'objectif prédit, situé par exemple au centre du système d'axes x, y , et la projection orthogonale N de cet objectif sur la droite 82 passant par la position P de l'aéronef et portée par son vecteur vitesse $\vec{V}$. Ce point d'impact fictif est utilisé comme nouvelle condition aux limites pour définir la trajectoire cubique prédite, partant du fait que cette trajectoire finit en ce point d'impact fictif. L'allure de la courbure est donnée par la relation (5) et la diminution de D et Ψ en diminue la courbure. La figure 9 montre que la nouvelle distance D' entre l'aéronef et le point d'impact fictif est inférieure à la distance D entre l'objectif prédit et l'aéronef. Il en est de même pour les angles de cap Ψ', Ψ .

[0045] La position du point d'impact fictif I sur le segment $[ON]$ 81, est donné par la relation suivante :

$$OI = \alpha ON \quad (6)$$

[0046] D'après les caractéristiques de la trajectoire cubique, le coefficient α est fonction de la distance D et de l'angle de cap Ψ . Ce coefficient α peut par exemple être défini en négligeant l'influence de la distance D . Cela peut être notamment permis par le fait que les cibles concernées sont par exemple situées entre 5 km et 15 km, dans cette plage de distance seule l'influence de l'angle de cap Ψ étant prépondérante.

[0047] La figure 10 illustre par un diagramme un exemple de détermination possible du coefficient α représenté en ordonnée en fonction de l'angle de cap Ψ représenté en abscisse.

[0048] Aux petits angles Ψ , par exemple pour $\Psi < 20^\circ$, l'utilisation d'un point d'impact I ne se justifie par exemple pas. Dans ce cas $\alpha = 0$, $I = O$. Il n'y a pas de point d'impact fictif. Le point d'impact pris en compte est l'objectif visé prédit.

[0049] Quand l'angle Ψ est supérieur à 70° par exemple, le coefficient α est limité par exemple à 0,5, notamment pour ne pas trop réduire la longueur de la trajectoire cubique. En effet, le temps que met l'aéronef hostile pour parcourir la trajectoire cubique jusqu'au point d'impact fictif doit être suffisamment grand pour permettre à un missile antiaérien de calculer le temps d'interception. Dans ce cas, le point d'impact fictif I est situé sur la première moitié du segment $[ON]$ en partant de la position O de l'objectif visé prédit.

[0050] La figure 11 reprend les trajectoires 71, 73 de la figure 7. Une nouvelle trajectoire cubique 101 est calculée dans la troisième étape 3 du procédé selon l'invention en tenant compte d'un point d'impact fictif tel que défini précédemment. Le rayon de courbure de la nouvelle trajectoire cubique 101 ayant nettement diminué

par rapport à la première trajectoire cubique 73, cette nouvelle trajectoire cubique s'est considérablement rapprochée de la trajectoire réelle.

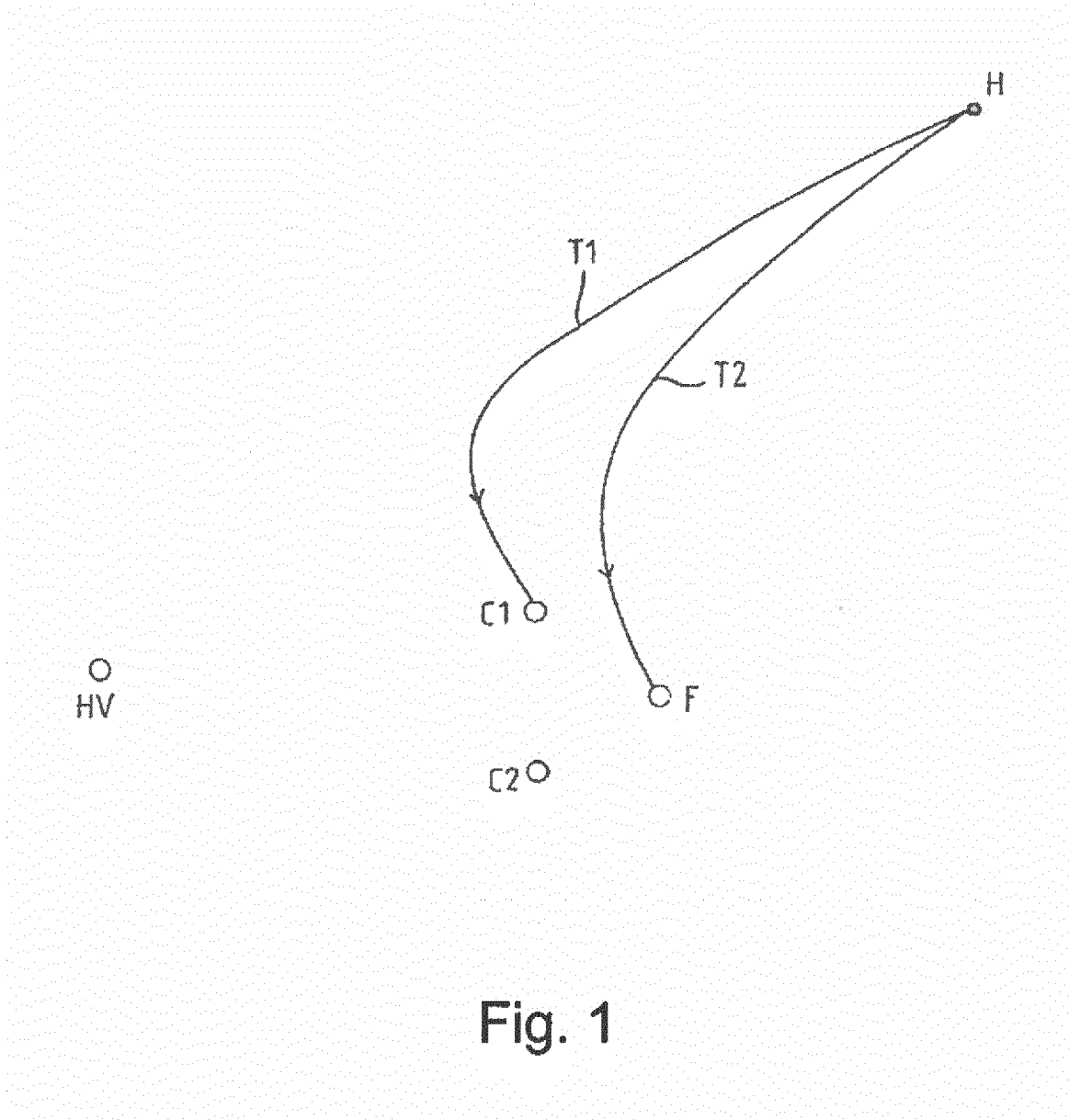
[0051] La trajectoire 101 ainsi définie est ensuite fournie par exemple à un missile antiaérien dont les moyens de calcul vont déterminer son point d'interception avec l'aéronef sur cette même trajectoire.

[0052] La mise en oeuvre du procédé selon l'invention a été illustrée pour la défense antiaérienne de navires. Néanmoins, le procédé selon l'invention peut s'appliquer à la défense antiaérienne d'un ensemble de bâtiments terrestres, mobiles ou non.

15 Revendications

1. Procédé de prédiction de la trajectoire d'un aéronef hostile (HV, C1, CL, F) vis-à-vis de bâtiments, **caractérisé en ce que** la trajectoire prédite (101) finit sur un point d'impact fictif (I) fonction d'un point d'objectif prédit (O) visé par l'aéronef (H).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'objectif prédit à un instant donné est le bâtiment (HV, C1, C2, F) ayant la plus forte probabilité d'être visé par l'aéronef (H) en fonction des paramètres de vol de ce dernier.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'objectif prédit est le barycentre des bâtiments (HV, C1, C2, F) susceptibles d'être visés par l'aéronef (H) pondérés par leur probabilité d'être visés par ce dernier.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend une première étape (1) de prédiction d'un point (O) d'objectif visé par un aéronef, une deuxième étape (2) de détermination d'un point d'impact fictif (I) fonction du point d'objectif prédit et une troisième étape (3) de détermination d'une trajectoire (101) finissant sur le point d'impact fictif.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la première étape (1) comporte une première sous-étape (11) de classement des bâtiments (HV, C1, C2, F) en fonction de leur probabilité d'être visés par l'aéronef hostile.
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la probabilité est fonction de l'accélération maximale de l'aéronef hostile.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, **caractérisé en ce que** la probabilité est fonction de l'angle de cap (Ψ) de l'aéronef défini par l'angle que fait le vecteur vitesse de l'aéronef avec sa ligne de visée.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** la probabilité est fonction de la distance de l'hostile au bâtiment. (HV, C1, C2, F) sont des navires.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, **caractérisé en ce que** la probabilité est fonction d'une probabilité de manoeuvre (P_m) elle-même fonction de l'évolution du vecteur vitesse par rapport à la droite reliant l'aéronef au bâtiment, la probabilité augmentant quand le vecteur s'approche de cette droite, et restant figée à 1 lorsqu'il franchit la droite 5 10
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la probabilité de manoeuvre (P_m) se fige à 1 après qu'un nombre donné de vecteurs vitesse successifs ($\vec{V}_4$) soit resté du même côté de la droite. 15
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le point d'impact fictif (I) est situé sur le segment de droite (81) compris entre le point d'objectif prédit (O) et la projection (N) de ce point sur la droite (82) portée par le vecteur vitesse ($\vec{V}$) de l'aéronef. 20
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** lorsque l'angle de cap (Ψ) de l'aéronef est grand, le point d'impact fictif (I) constitue le milieu du segment (81). 25
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12 **caractérisé en ce que** l'angle de cap (Ψ) de l'aéronef est faible, le point d'impact fictif est égal au point d'objectif prédit (O). 30
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que** lorsque l'angle de cap (Ψ) est compris entre deux angles donnés, la position du point d'impact fictif (I) varie du point d'objectif prédit (O) pour l'angle (Ψ) le plus faible, au milieu du segment (61) pour l'angle (Ψ) le plus élevé. 35 40
15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la position du point d'impact fictif (I) varie linéairement en fonction de l'angle de cap Ψ . 45
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 14 à 15, **caractérisé en ce que** la position du point d'impact fictif (I) varie pour les angles de cap (Ψ) variant sensiblement entre 20° et 70° . 50
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la trajectoire prédite (101) de l'aéronef est définie par une équation cubique. 55
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les bâtiments



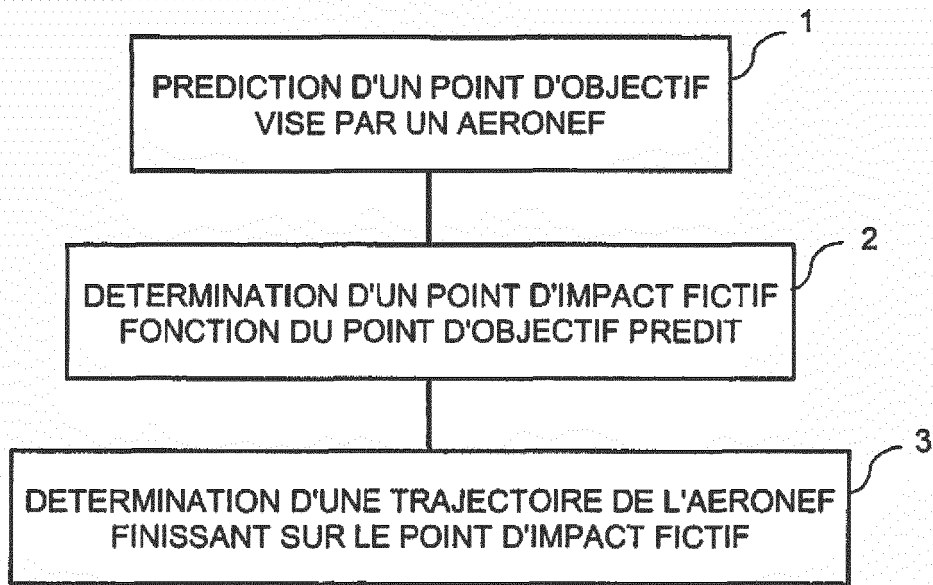


Fig. 2

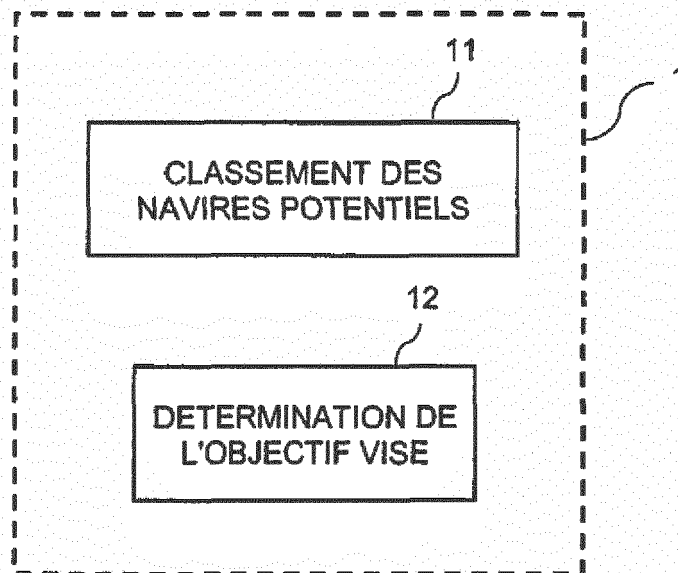


Fig. 3

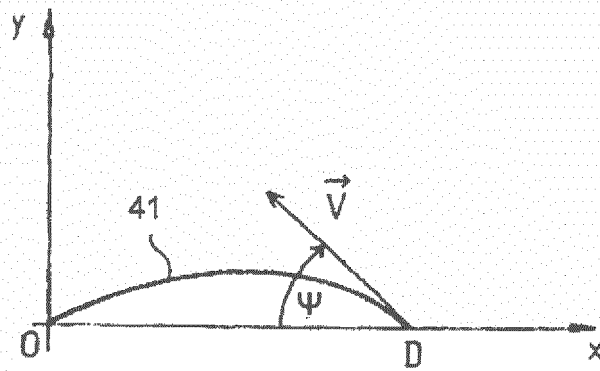


Fig. 4

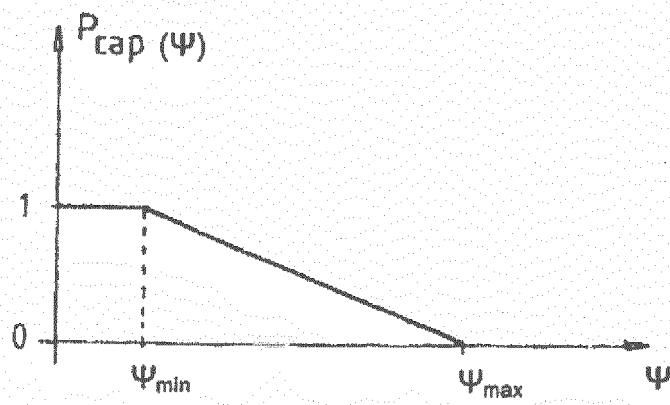


Fig. 5

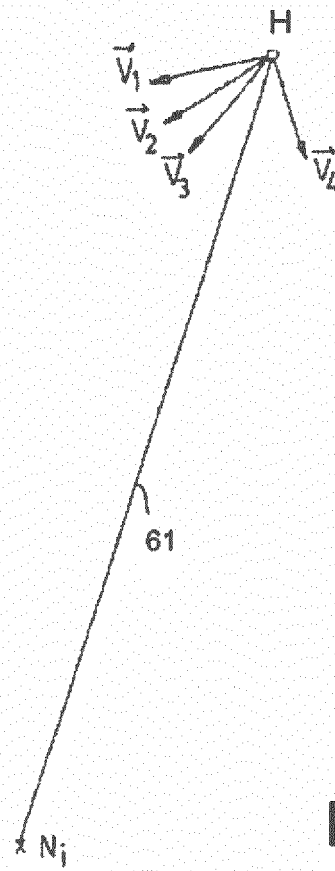


Fig. 6

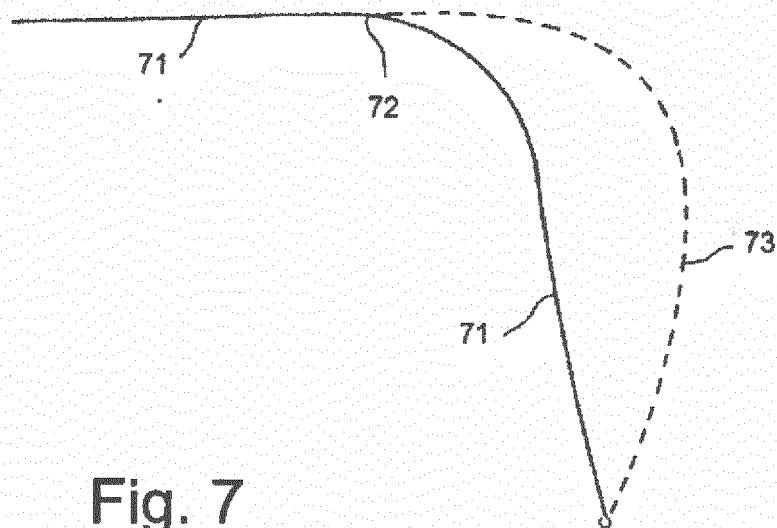


Fig. 7

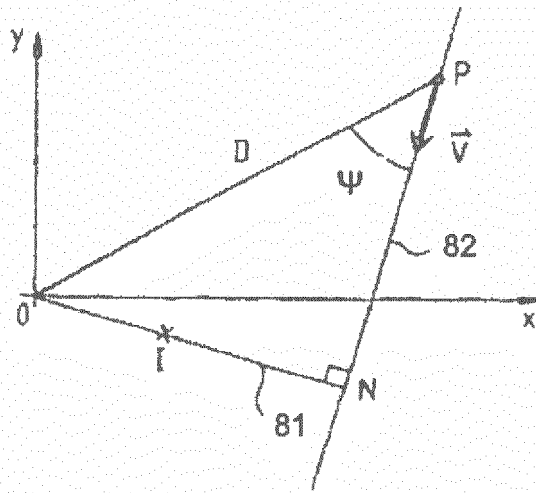


Fig. 8

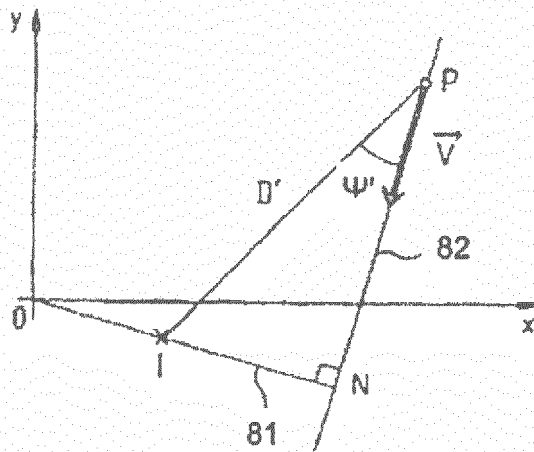


Fig. 9

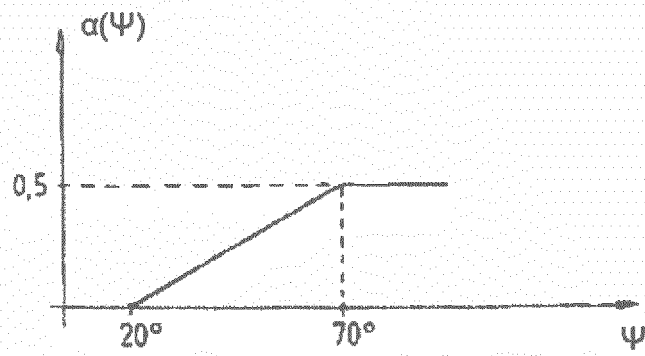


Fig. 10

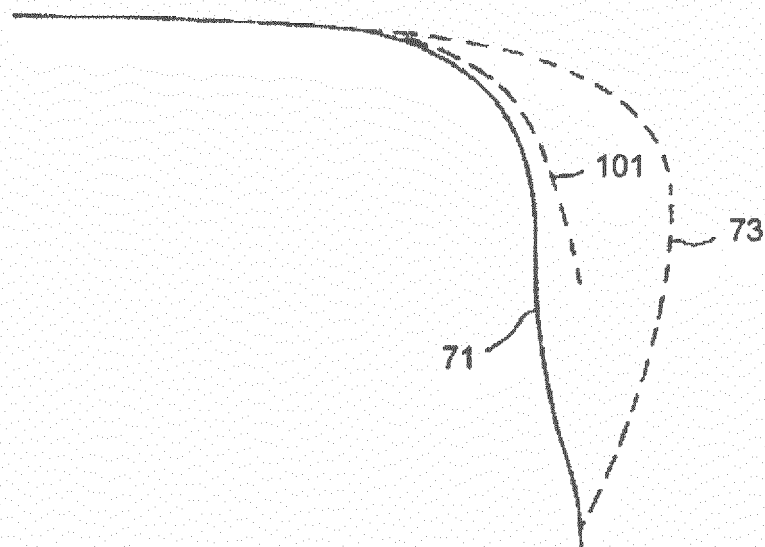


Fig. 11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 17 5386

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2016/131455 A1 (WALLBERG KJELL [SE]) 12 mai 2016 (2016-05-12)	1-8, 18	INV. F41H11/02 F41G7/22
Y	* abrégé; figures 1-4 *	17	
A	* alinéas [0069] - [0089], [0093] *	9-16	

X	EP 1 610 152 A1 (SAAB AB [SE]) 28 décembre 2005 (2005-12-28) * abrégé *	1, 18	

Y	KR 2016 0070573 A (AGENCY DEFENSE DEV [KR]) 20 juin 2016 (2016-06-20) * abrégé; revendications 1,2 * * alinéas [0015] - [0022] *	17	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F41H F41G
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 30 octobre 2018	Examineur Mercier, Francois
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 18 17 5386

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

30-10-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2016131455 A1	12-05-2016	BR 112015029675 A2	25-07-2017
		EP 3004786 A1	13-04-2016
		JP 6407262 B2	17-10-2018
		JP 2016523348 A	08-08-2016
		KR 20160019909 A	22-02-2016
		SE 1330063 A1	29-11-2014
		SG 11201509615V A	30-12-2015
		US 2016131455 A1	12-05-2016
		WO 2014193284 A1	04-12-2014

EP 1610152 A1	28-12-2005	EP 1610152 A1	28-12-2005
		ES 2635268 T3	03-10-2017
		US 2008128546 A1	05-06-2008

KR 20160070573 A	20-06-2016	AUCUN	

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82