



(51) Classification internationale des brevets :
G09B 9/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2018/000031

(22) Date de dépôt international :
19 février 2018 (19.02.2018)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1700216 03 mars 2017 (03.03.2017) FR

(71) Déposant : MBDA France [FR/FR] ; 1, avenue Réaumur,
92350 Le Plessis Robinson (FR).

(72) Inventeurs : **FRUIT, Ronan** ; MBDA France 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR). **VIGOU-ROUX, David** ; MBDA France 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR). **LE MENEZ, Stéphane** ; MBDA France 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR). **TOUCHARD, Charlotte** ; MBDA France 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR). **KOTEN-KOFF, Alexandre** ; MBDA France 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR). **FORMOSO, Mathias** ; MBDA France 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR).

(74) Mandataire : **HAUER, Bernard** ; GEVERS & ORES, 41, Avenue de Friedland, 75008 PARIS-FRANCE (FR).

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

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PREDICTING OPTIMUM ATTACK AND DEFENCE SOLUTIONS IN A MILITARY CONFLICT SCENARIO

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE PRÉDICTION DE SOLUTIONS D'ATTAQUE ET DE DÉFENSE OPTIMALES DANS UN SCÉNARIO DE CONFLIT MILITAIRE

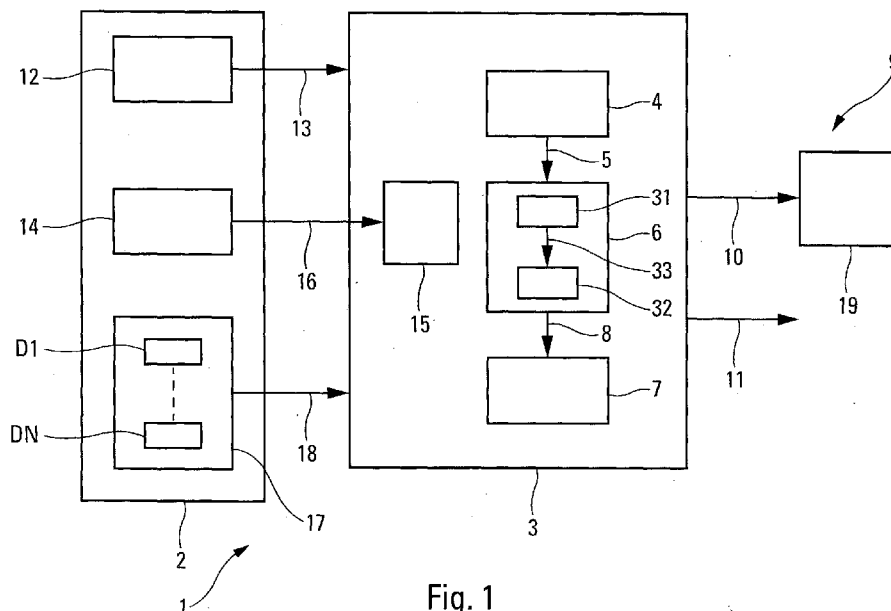


Fig. 1

(57) Abstract: The prediction device (1) comprises a data input assembly (2) for entering, into said device (1), both the attacker data relating at least to attack models, and defender data relating at least to a zone to be defended and to available defence means, a modelling unit (4) for generating a game tree evaluated on the basis of input data, in the context of game theory, a resolution unit (6) for defining a game balance in the context of games theory, a balance defining an attacker strategy and defender strategy pair, an interpretation unit (7) for determining, on the basis of the game balance, an optimum attack solution, as well as an optimum defence solution that is best suited to this optimum attack solution, and an information transmission unit (9) for transmitting this information.

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

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

Publiée:

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

(57) Abrégé : Le dispositif de prédiction (1) comporte un ensemble d'entrée de données (2) pour entrer dans ledit dispositif (1), à la fois des données de l'attaquant relatives au moins à des modèles d'attaque, et des données du défenseur relatives au moins à une zone à défendre et à des moyens de défense disponibles, une unité de modélisation (4) pour générer un arbre de jeu évalué à partir de données entrées, dans le cadre de la théorie des jeux, une unité de résolution (6) pour définir un équilibre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, un équilibre définissant un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur, une unité d'interprétation (7) pour déterminer, à partir de l'équilibre de jeu, une solution d'attaque optimale, ainsi qu'une solution de défense optimale la mieux adaptée à cette solution d'attaque optimale, et une unité de transmission d'informations (9) pour transmettre ces informations.

Procédé et dispositif de prédiction de solutions d'attaque et de défense
optimales dans un scénario de conflit militaire

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de
prédiction de solutions d'attaque et de défense optimales dans un scénario de
conflit militaire.

La présente invention s'applique au domaine militaire, et plus
particulièrement bien que non exclusivement dans des situations où
interviennent des systèmes de commandement et de coordination
(« Command & Control (C2) » en anglais) qui gèrent, notamment, une
allocation d'armes à des menaces. Dans le domaine militaire, la défense
d'une zone donnée face à une offensive ennemie a pour objet d'allouer au
mieux les ressources disponibles pour traiter les menaces en maximisant
l'espérance de survie des points stratégiques défendus. En fonction des
menaces, le système C2 détermine une solution d'engagement en tenant
compte de critères opérationnels et techniques, notamment dans le cadre
d'un système d'armes anti-aériens.

On sait que les systèmes d'armes anti-aériens sont constitués de
capteurs, de lanceurs, et d'un centre de commandement opérationnel de
type C2, dans lequel des opérateurs peuvent interagir avec le système et le
superviser. Le centre de commandement opérationnel réalise une prédiction
de trajectoires des attaquants, et utilise cette prédiction pour planifier la
défense des objectifs potentiels des assaillants. Il cherche à trouver la
meilleure défense possible pour le système face à un scénario d'attaque.

La prédiction des trajectoires des attaquants est rendue
particulièrement complexe, en raison de trois facteurs :

- une forte incertitude affecte le comportement ultérieur de l'attaquant, et plus
on se projette loin dans le futur, plus ce comportement réel est inconnu ;
- la plupart des attaquants (avions de chasse, missiles,...) présentent des
capacités de manœuvres importantes et peuvent donc changer
rapidement de trajectoire (changement de cap, d'altitude,...) ;

- les trajectoires d'attaque, et en particulier les manœuvres terminales pour rallier les objectifs, sont choisies pour mettre en défaut le système de défense, et sont donc difficiles à prédire par le centre de commandement opérationnel.

5 Les informations disponibles pour prédire les trajectoires proviennent d'une part de capteurs, notamment des radars, qui fournissent la trajectoire passée des attaquants avec des incertitudes sur les mesures, et d'autre part de la connaissance que le système et l'opérateur ont du type d'assaillant et des missions d'attaque qui peuvent
10 être rencontrées.

La présente invention cherche à prédire une solution de défense mise en œuvre par le défenseur pour se protéger au mieux de l'attaque et/ou, en se plaçant du côté de l'attaquant, une solution d'attaque optimale mise en œuvre par l'attaquant.

15 La présente invention concerne plus particulièrement un procédé de prédiction d'une solution d'attaque optimale et d'une solution de défense optimale correspondante, dans un scénario de conflit militaire (au moins potentiel) entre un attaquant et un défenseur.

Selon l'invention, ledit procédé de prédiction comprend :

- 20 - une étape d'entrée de données, mise en œuvre par un ensemble d'entrée de données, consistant à entrer, au moins initialement avant la mise en œuvre du procédé, à la fois des données de l'attaquant relatives au moins à des modèles d'attaque, et des données du défenseur relatives au moins à une zone à défendre et à des moyens de défense disponibles ;
- 25 - une étape de modélisation de scénario, mise en œuvre par une unité de modélisation, consistant à générer un arbre de jeu évalué à partir desdites données entrées dans le cadre de la théorie des jeux ;
- une étape de résolution, mise en œuvre par une unité de résolution, consistant à définir un équilibre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, un
30 équilibre définissant un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur ;

- une étape d'interprétation, mise en œuvre par une unité d'interprétation, consistant à déterminer, à partir de l'équilibre de jeu, une solution d'attaque optimale et une solution de défense optimale, la mieux adaptée à cette solution d'attaque optimale ; et

- 5 - une étape de transmission d'informations, mise en œuvre par une unité de transmission d'informations, consistant à transmettre à un opérateur ou un système utilisateur, au moins ladite solution d'attaque optimale et ladite solution de défense optimale.

10 Le procédé conforme à l'invention permet ainsi de prédire des solutions optimales permettant notamment de définir, si on se place du côté du défenseur, une solution de défense optimale, et si on se place du côté de l'attaquant, une solution d'attaque optimale.

15 La prédiction de ces solutions (d'attaque et de défense) optimales dans le scénario de conflit se base sur la résolution d'un problème de théorie des jeux, comme précisé ci-dessous. La théorie des jeux permet d'analyser les situations dans lesquelles l'action optimale pour un agent dépend des anticipations qu'il forme sur la décision d'un autre agent. Ces deux agents sont l'attaquant et le défenseur dans le cadre de la présente invention.

20 Dans la théorie des jeux, un équilibre du jeu, notamment un équilibre dit de Nash, est une situation dans un jeu où aucun joueur n'a intérêt à changer de stratégie. Dans cette situation, l'ensemble des choix faits par plusieurs joueurs, connaissant leurs stratégies réciproques, est devenu stable en raison du fait qu'aucun ne peut modifier seul sa stratégie sans affaiblir sa position personnelle.

25 De façon avantageuse, les données de l'attaquant comportent au moins certaines des données suivantes :

- des modèles de procédures d'attaque, par exemple des trajectoires d'attaque ;
- des types de menaces et des caractéristiques associées ;
- 30 - au moins une position détectée d'apparition d'une menace ;
- au moins une position supposée d'apparition d'une menace ; et

- des préférences de l'attaquant.

En outre, avantageusement, les données du défenseur comportent au moins certaines des données suivantes :

- des missions possibles ;
- 5 - des données de moyens de détection ;
- des caractéristiques de moyens de détection ;
- des positions de cibles potentielles dans la zone à défendre ;
- des capacités de défense de la zone à défendre ; et
- des préférences du défenseur.

10 Concernant les données de l'attaquant et les données du défenseur, elle peuvent être des données connues et certaines, ou bien des données supposées, qui peuvent ne pas être complètement exactes, notamment en fonction de qui entre l'attaquant ou le défenseur réalise la prédiction. Ainsi, si on utilise le procédé de prédiction pour planifier une attaque, on connaît
15 exactement en tant qu'attaquant les données et les paramètres de l'attaquant, mais les données du défenseur dont on dispose sont incertaines. Inversement, si on utilise le procédé de prédiction pour planifier une défense, on connaît exactement en tant que défenseur les données et les paramètres du défenseur. En revanche, les données de l'attaquant ne sont pas ou peu
20 accessibles. Ces données sont en effet des hypothèses, des avis d'experts, des éléments provenant du renseignement militaire,... Les données comprennent donc des croyances présumées de la partie adverse, présumées par l'utilisateur de l'invention.

25 Dans un mode de réalisation, en particulier dans le cas de la protection d'un site lors d'une attaque aérienne, l'étape d'entrée de données consiste également à entrer, lors de la mise en œuvre du procédé, des données courantes au moins de l'attaquant, détectées par exemple pour un ou plusieurs radars.

Par ailleurs, avantageusement, l'étape de modélisation comporte :

- 30 - une première sous-étape consistant à générer un ensemble de stratégies possibles à l'aide de certaines des données entrées ;

- une deuxième sous-étape consistant à générer un arbre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, à partir dudit ensemble de stratégies ;
- une troisième sous-étape consistant à évaluer ledit arbre de jeu, à l'aide de données de certaines des données entrées.

5 De préférence, la troisième sous-étape consiste, à partir de couples de stratégies, à évaluer au moins un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur, et à attribuer une valeur à l'attaquant et une valeur au défenseur.

En outre, de façon avantageuse, l'étape de résolution comprend :

- 10
- une première sous-étape consistant à élaguer l'arbre de jeu reçu, à partir de données relatives à des menaces, de manière à former un arbre de jeu réduit ; et
 - une seconde sous-étape consistant à déterminer l'équilibre de jeu, à partir de cet arbre de jeu réduit, pour en déduire un couple de stratégie attaquant et
- 15 de stratégie défenseur.

De préférence, la première sous-étape utilise également des données courantes détectées, entrées lors de la mise en œuvre du procédé, pour élaguer l'arbre de jeu reçu.

Par ailleurs, avantageusement, l'étape d'interprétation comprend :

- 20
- une première sous-étape consistant à interpréter la solution d'attaque optimale ; et
 - une deuxième sous-étape consistant à interpréter la solution de défense optimale la mieux adaptée à cette solution de d'attaque optimale permettant de définir des règles d'engagement du défenseur.

25 De plus, de façon avantageuse, l'étape d'interprétation comprend également :

- une sous-étape d'évaluation de la dangerosité de la menace ; et/ou
 - une sous-étape d'évaluation de la probabilité de réussite de la solution d'attaque optimale et de la probabilité de réussite de la solution de défense
- 30 optimale.

Le procédé conforme à l'invention peut être utilisé dans diverses applications dans le domaine militaire.

Dans une application préférée du procédé de prédiction, les données du défenseur sont relatives à un site au sol à protéger pourvu de capacités de défense, et les données du défenseur sont relatives à une attaque aérienne dudit site au sol à protéger et comprenant des données courantes détectées.

Avantageusement, le procédé peut s'appliquer à au moins l'une des situations suivantes, relative à un scénario de conflit militaire :

- une défense anti-aérienne ;
- un combat aérien, défensif ou offensif ;
- une planification de mission pour la frappe d'objectifs.

La présente invention concerne également un dispositif de prédiction d'une solution d'attaque optimale et d'une solution de défense optimale correspondante, dans un scénario de conflit militaire au moins potentiel entre un attaquant et un défenseur.

Selon l'invention, ledit dispositif comporte :

- un ensemble d'entrée de données configuré pour entrer, au moins initialement avant la mise en œuvre du procédé, à la fois des données de l'attaquant relatives au moins à des modèles d'attaque, et des données du défenseur relatives au moins à une zone à défendre et à des moyens de défense disponibles ;
- une unité de modélisation configurée pour générer un arbre de jeu évalué à partir desdites données entrées dans le cadre de la théorie des jeux ;
- une unité de résolution configurée pour définir un équilibre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, un équilibre définissant un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur ;
- une unité d'interprétation configurée pour déterminer, à partir de l'équilibre de jeu, une solution d'attaque optimale et une solution de défense optimale, la mieux adaptée à cette solution d'attaque optimale ; et

- une unité de transmission d'informations configurée pour transmettre à un opérateur ou un système utilisateur, au moins ladite solution d'attaque optimale et ladite solution de défense optimale.

Dans un mode de réalisation particulier, l'ensemble d'entrée de données comporte au moins certains des éléments suivants :

- un élément de saisie permettant à un opérateur de saisir des données à entrer ;
- un élément de chargement de données associé à une mémoire et configuré pour charger des données dans ladite mémoire.

En outre, avantageusement, le dispositif comporte au moins un détecteur, par exemple un radar, apte à détecter des données courantes relatives à un moyen d'attaque d'un attaquant, et l'ensemble d'entrée de données comporte une liaison de transmission de données permettant d'entrer de façon automatique des données courantes détectées par le détecteur.

Une application préférée de la présente invention est de prédire la tactique de défense d'un site comprenant des zones à protéger telles que des bâtiments et des moyens de défense faisant partie d'un système d'armes anti-aérien et comprenant, par exemple des missiles anti-missiles ou d'autres moyens de défense aérienne, lors d'une attaque aérienne du site par un attaquant.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 est le schéma synoptique d'un dispositif de prédiction conforme à l'invention.

Les figures 2 et 3 sont les schémas synoptiques d'unités de traitement de données du dispositif de prédiction de la figure 1.

La figure 4 montre schématiquement les étapes d'un procédé mis en œuvre par le dispositif de prédiction de la figure 1.

La figure 5 illustre un scénario d'attaque simplifié.

La figure 6 illustre un arbre de jeu associé au scénario d'attaque simplifié de la figure 5.

Le dispositif 1 permettant d'illustrer l'invention et représenté schématiquement sur la figure 1 est destiné à prédire au moins une solution d'attaque optimale et une solution de défense optimale correspondante, dans un scénario de conflit militaire (au moins potentiel, à savoir soit effectif, soit envisagé) entre au moins un attaquant et au moins un défenseur.

Selon l'invention, ledit dispositif 1 comporte :

- un ensemble d'entrée de données 2 configuré pour entrer dans ledit dispositif 1, comme précisé ci-dessous, à la fois des données de l'attaquant relatives au moins à des modèles d'attaque (par exemple des trajectoires d'armes d'attaque), et des données du défenseur relatives au moins à une zone à défendre et à des moyens de défense disponibles sur cette zone ;

- une unité centrale 3 comprenant :

- une unité de modélisation 4 configurée pour générer un arbre de jeu évalué, à l'aide au moins d'une partie des données entrées au moyen de l'ensemble d'entrée de données 2, ledit arbre de jeu étant défini dans le cadre de la théorie des jeux, comme précisé ci-dessous ;

- une unité de résolution 6 reliée par l'intermédiaire d'une liaison 5 à l'unité de modélisation 4 et configurée pour définir un équilibre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, un équilibre définissant un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur ;

- une unité d'interprétation 7 reliée par l'intermédiaire d'une liaison 8 à l'unité de résolution 6 et configurée pour déterminer, à partir de cet équilibre de jeu, une solution d'attaque optimale et une solution de défense optimale (à savoir la mieux adaptée à cette solution d'attaque optimale) ; et

- une unité de transmission d'informations 9 configurée pour transmettre au moins ladite solution d'attaque optimale et ladite solution de défense optimale déterminées par l'unité centrale 3, à un opérateur (par l'intermédiaire par exemple de moyens d'affichage 19 qui sont reliés par une liaison 10 à l'unité

centrale 3 et qui affichent ces informations sur un écran) ou à un système utilisateur (par l'intermédiaire par exemple d'une liaison 11).

Dans un mode de réalisation particulier, l'ensemble d'entrée de données 2 comporte :

5 - un élément de saisie 12 permettant à un opérateur d'entrer des données, notamment manuellement, dans l'unité centrale 3 via une liaison 13. Cet élément de saisie 12 peut comporter un clavier, une souris, un pavé tactile,..., ou tout autre moyen usuel, associé par exemple à un écran, qui permet à un opérateur d'entrer des données dans ledit dispositif 1. Cet élément de saisie
10 12 peut former avec les moyens d'affichage 19 une interface homme/machine ; et

- un élément de chargement de données 14 associé à une mémoire 15 et configuré pour charger des données dans ladite mémoire 15, via une liaison 16. Cette mémoire 15 peut être intégrée dans l'unité centrale 3, comme dans
15 l'exemple représenté sur la figure 1, ou être externe à l'unité centrale 3 et liée à cette dernière.

En outre, le dispositif 1 comporte également un ensemble 17 de détecteurs D1 à DN, par exemple des radars, N étant un entier supérieur à 1. Ces détecteurs D1 à DN sont aptes à détecter des données courantes
20 relatives à un moyen d'attaque (par exemple un missile) d'un attaquant. Dans ce cas, l'ensemble d'entrée de données 2 comporte une liaison de transmission de données 18 permettant d'entrer de façon automatique dans l'unité centrale 3 des données courantes détectées (ou mesurées ou déterminées) par au moins un détecteur D1 à DN de l'ensemble 17.

25 L'ensemble 17 comprend au moins un détecteur, tel qu'un radar par exemple, qui surveille l'environnement de la zone à protéger et qui est apte à détecter des menaces et à transmettre des informations correspondantes, notamment la position et la cinématique des menaces.

Les données de l'attaquant, entrées à l'aide de l'ensemble d'entrée de
30 données 2, comportent au moins certaines des données suivantes :

- des modèles d'attaque comprenant notamment les procédures d'attaque les plus probables. Une procédure d'attaque peut correspondre à une séquence d'actions concrètes pour mener une attaque. Une procédure d'attaque particulière peut être notamment une trajectoire d'attaque ;
- 5 - des types de menaces et des caractéristiques associées (classification, armement, ...) ;
- au moins une position détectée d'apparition d'une menace ;
- au moins une position supposée d'apparition d'une menace ; et
- des préférences de l'attaquant, telles que le coût d'utilisation de chaque menace (munition) potentielle ou le coût en cas d'interception par le défenseur.

En outre, les données du défenseur, également entrées à l'aide de l'ensemble d'entrée de données 2, comportent au moins certaines des données suivantes :

- 15 - des missions possibles (une attaque de cibles et de quelles cibles (bâtiment, ouvrage, ...), ou une mission de reconnaissance par exemple) ;
- des données des détecteurs D1 à DN ou d'autres moyens de détection, et notamment de radars ;
- des caractéristiques des moyens de détection, par exemple la fréquence utilisée par un radar ;
- 20 - des positions de cibles potentielles dans la zone à défendre (bâtiments, radars, lanceurs, munitions, ...) ;
- des capacités de défense de la zone à défendre (caractéristiques des lanceurs et les munitions disponibles) ; et
- 25 - des préférences du défenseur, telles que le coût de tir de chaque munition ou la hiérarchisation des éléments de la zone à défendre par ordre d'importance.

L'ensemble d'entrée de données 2 est configuré pour entrer la plupart des données avant la mise en œuvre de la prédiction par l'unité centrale 3.

30 Toutefois, dans un mode de réalisation particulier, notamment dans le cas de la protection d'un site lors d'une attaque aérienne, l'ensemble d'entrée de

données 2 peut également entrer des données courantes lors de la mise en œuvre du procédé de prédiction. Il peut notamment s'agir de données courantes relatives à l'attaquant, détectées par au moins un détecteur D1 à DN de l'ensemble 17, par exemple un radar, telles que la trajectoire courante suivie par un missile, un drone ou un avion de chasse.

Par ailleurs, l'unité de modélisation 4 comporte, comme représenté sur la figure 2 :

- une sous-unité 20 configurée pour générer un ensemble de stratégies possibles, à l'aide de certaines des données entrées et reçues via une liaison

21. Il peut notamment s'agir d'au moins certaines des données suivantes :

- les données des moyens de détection ;
- les caractéristiques des moyens de détection ;
- les positions d'apparition des menaces ;
- les missions potentielles et leurs caractéristiques ;
- les modèles de procédure, notamment de trajectoires, à utiliser ; et
- les types de menaces et leurs caractéristiques ;

- une sous-unité 22 liée à la sous-unité 21 par l'intermédiaire d'une liaison 23 et configurée pour générer un arbre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, à partir dudit ensemble de stratégies généré par la sous-unité 20, et d'autres données telles que les missions potentielles et les caractéristiques des moyens de détection ; et

- une sous-unité 24 liée à la sous-unité 22 par l'intermédiaire d'une liaison 25 et configurée pour évaluer ledit arbre de jeu, à l'aide de certaines des données entrées, telles que les caractéristiques des lanceurs et des munitions.

La sous-unité 24 comporte, comme représenté sur la figure 2 :

- un élément 26 configuré pour, à partir de couples de stratégies, évaluer au moins un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur ;
- un élément 27 lié par une liaison 28 à l'élément 26 et contenant une fonction d'utilité pour d'attribuer une valeur à l'attaquant ; et

- un élément 29 lié par une liaison 30 à l'élément 26 et contenant une fonction d'utilité pour d'attribuer une valeur au défenseur.

En outre, l'unité de résolution 6 comprend, comme représenté sur la figure 1 :

- 5 - une sous-unité 31 configurée pour élaguer l'arbre de jeu reçu de l'unité de modélisation 4, à partir de données supplémentaires telles que les menaces, ainsi que de données courantes, entrées par un opérateur ou reçues en temps réel de l'ensemble 17 de détecteurs et précisant par exemple les positions courantes de menaces. Par cet élagage (ou réduction), la sous-unité
- 10 31 forme un arbre de jeu réduit. La sous-unité 31 peut donc utiliser également des données courantes détectées, entrées lors de la mise en œuvre du procédé de prédiction, pour élaguer l'arbre de jeu reçu ; et
- une sous-unité 32 liée à la sous-unité 31 par l'intermédiaire d'une liaison 33 et configurée pour déterminer l'équilibre de jeu, à partir de cet arbre de jeu
- 15 réduit reçu de la sous-unité 31, afin d'en déduire un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur. L'équilibre de jeu peut correspondre à l'équilibre de Nash ou à un autre équilibre usuel.

Par ailleurs, l'unité d'interprétation 7 comporte, comme représenté sur la figure 3 :

- 20 - une sous-unité 34 configurée pour générer la solution d'attaque optimale, à partir de l'équilibre de jeu reçu de l'unité de résolution 6. Cette solution d'attaque optimale définit des missions probabilisées, et des types de menaces et leurs caractéristiques probabilisées ; et
- une sous-unité 35 liée à la sous-unité 34 par l'intermédiaire d'une liaison 36
- 25 et configurée pour évaluer la dangerosité de la menace.

De plus, l'unité d'interprétation 7 comprend également :

- une sous-unité 37 configurée pour générer, à partir de l'équilibre de jeu reçu de l'unité de résolution 6, la solution de défense optimale la mieux adaptée à ladite solution d'attaque optimale, permettant de définir des règles
- 30 d'engagement du défenseur ; et

- une sous-unité 38 pour évaluer la probabilité de réussite de ladite solution d'attaque optimale et la probabilité de réussite de ladite solution de défense optimale.

5 La prédiction de ces solutions (d'attaque et de défense) optimales dans le scénario de conflit se base donc sur la résolution d'un problème de théorie des jeux.

10 La théorie des jeux peut être définie comme le cadre théorique modélisant les situations dans lesquelles l'action optimale (c'est-à-dire préférée) pour un agent dépend des anticipations qu'il forme sur la décision de l'autre agent. Ces deux agents sont l'attaquant et le défenseur dans le cadre de la présente invention.

15 En théorie des jeux, un équilibre de jeu tel qu'un équilibre de Nash est une situation dans un jeu où aucun joueur n'a intérêt à changer de stratégie. Dans cette situation l'ensemble des choix faits par plusieurs joueurs, connaissant leurs stratégies réciproques, est devenu stable en raison du fait qu'aucun ne peut modifier seul sa stratégie sans affaiblir sa position personnelle

20 La théorie des jeux est une théorie de la décision en interaction. Elle étudie des situations ou des individus prennent des décisions, chacun étant conscient que le résultat de son propre choix dépend de celui des autres.

25 Une application préférée du dispositif 1, tel que décrit ci-dessus, a pour but de définir la meilleure stratégie de défense possible d'un site à protéger, c'est-à-dire la solution de défense optimale, lors d'une attaque aérienne de ce site et notamment après la détection du lancement d'une menace potentielle, telle que la détection par un radar d'un tir de missile susceptible d'atteindre le site ou d'une approche d'un drone, d'un avion de chasse ou d'un bombardier.

30 Confronté à une telle attaque, le centre de commandement du site à protéger se trouve donc en face d'un problème technique, à savoir lequel ou lesquels de ses moyens de défense, tels qu'un missile anti-missile, utiliser

contre le missile qui les attaque. Ce problème technique a pour but de défendre au moins les cibles potentielles du site, en fonction de ses moyens de défense et de ce que l'on sait de l'attaque : attaque isolée et dirigée vers quelle cible, autre attaque possible, simple mission de reconnaissance par exemple en cas de détection d'un avion ennemi. Cette prédiction doit également tenir compte des coûts éventuels : coût des munitions utilisées, coût de destruction potentielle,... Le dispositif 1 permet de recevoir les données à traiter, aussi bien avant la mise en œuvre du procédé de prédiction que durant cette mise en œuvre.

Pour déterminer la solution de défense optimale, un opérateur entre donc préalablement dans le dispositif 1 (à l'aide de l'ensemble d'entrée de données 2) toutes les données connues relatives à l'attaquant ou aux attaquants potentiels et les données relatives au défenseur (c'est-à-dire relatives notamment aux caractéristiques du site à protéger et aux systèmes d'armes présents et aptes à être utilisés pour protéger le site). Des données courantes concernant des détections en temps réel, telles qu'un nouveau tir de missile, ou une position mise à jour du missile détecté précédemment, peuvent également être entrées (à l'aide de l'ensemble d'entrée de données 2) dès qu'elles sont connues. Le dispositif de prédiction 1 détermine dans cette application préférée une solution de défense optimale consistant à définir une proposition d'engagement.

Une proposition d'engagement peut comprendre un plan d'allocation optimal qui précise une allocation des armes du site à défendre et prévoit des instants ou dates de tir de ces armes pour détruire les menaces, dans le but d'allouer au mieux les ressources disponibles pour traiter les menaces en maximisant l'espérance de survie des points stratégiques défendus.

Le dispositif 1, tel que décrit ci-dessus, est destiné à mettre en œuvre un procédé de prédiction d'une solution d'attaque optimale et d'une solution de défense optimale correspondante, dans un scénario de conflit militaire au moins potentiel entre un attaquant et un défenseur.

Comme représenté sur la figure 4, ce procédé de prédiction comprend :

- une étape E1 d'entrée de données, mise en œuvre par l'ensemble d'entrée de données 2, consistant à entrer dans l'unité centrale 3 du dispositif 1, au moins initialement avant la mise en œuvre du procédé et éventuellement au cours du procédé, à la fois des données de l'attaquant relatives au moins à des modèles d'attaque, et des données du défenseur relatives au moins à une zone à défendre et à des moyens de défense disponibles ;

- une étape E2 de modélisation de scénario, mise en œuvre par l'unité de modélisation 4, consistant à générer un arbre de jeu évalué à partir desdites données entrées dans le cadre de la théorie des jeux ;

- une étape E3 de résolution, mise en œuvre par l'unité résolution 6, consistant à définir un équilibre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, par exemple à l'aide de données courantes entrées ;

- une étape E4 d'interprétation, mise en œuvre par l'unité d'interprétation 7, consistant à déterminer, à partir de l'équilibre de jeu défini à l'étape E3, au moins une solution d'attaque optimale, ainsi qu'une solution de défense optimale, la mieux adaptée à cette solution d'attaque optimale ; et

- une étape E5 de transmission d'informations, mise en œuvre par l'unité de transmission d'informations 9, consistant à transmettre à un opérateur et/ou à un système utilisateur, au moins ladite solution d'attaque optimale et ladite solution de défense optimale.

Le procédé conforme à l'invention permet ainsi de prédire une solution de défense optimale si on se place du côté du défenseur, et une solution d'attaque optimale si on se place du côté de l'attaquant.

Dans le cadre de la présente invention, les décideurs (attaquant et défenseur) sont supposés VNM-rationnels (pour « Von-Neumann et Morgenstern »). On se place ainsi dans le cadre de la théorie de l'utilité espérée où l'on sait exprimer les préférences d'un décideur en présence d'événements aléatoires. On sait définir une fonction (dite d'utilité) qui, à une alternative pour le décideur, associe un nombre réel et donne par ce

biais des niveaux de préférence entre les différentes alternatives. Les objectifs de l'attaquant et du défenseur sont donc de maximiser leurs fonctions d'utilité respectives.

Le problème est alors modélisé comme un jeu séquentiel (les décisions s'enchaînent séquentiellement) à deux joueurs, l'attaquant (les menaces sont représentées comme un seul joueur qui correspond à l'échelon de décision/planification de la tactique d'attaque utilisée) et le défenseur (un système C2 par exemple). Le jeu est modélisé comme :

- bayésien : les joueurs ne connaissent pas tous les paramètres du jeu auquel ils jouent. En particulier, le défenseur ne connaît pas les missions des attaquants, et les attaquants ne connaissent pas forcément la configuration du système de défense ;

- à information imparfaite : le défenseur n'a pas l'information des décisions prises par l'attaquant pendant la préparation de mission ;

- à mémoire parfaite : les joueurs ont l'historique de leurs décisions passées ; et

- à rationalité illimitée : les joueurs ne sont pas limités en termes de complexité de calcul. Les décisions de l'attaquant ne sont pas influencées par des informations reçues pendant l'attaque, c'est-à-dire que l'attaque est considérée comme planifiée à l'avance durant la préparation de mission et ne change plus.

On cherche une solution de jeu, c'est-à-dire un couple de stratégies probabilisées pour chaque joueur. Le jeu est résolu en particulier en calculant un équilibre de type « semi-proper quasi-perfect equilibrium » qui est un raffinement de l'équilibre de Nash adapté à la modélisation.

On peut extraire de la stratégie de l'attaquant des procédures, par exemple des trajectoires, d'attaques possibles, ainsi que des missions et classifications de menaces plausibles. La solution du jeu trouvée permet également d'obtenir une ou plusieurs stratégies de défense potentielles pour le système C2, c'est-à-dire une ou plusieurs solutions de tir adaptées au scénario d'attaque.

A titre d'illustration, on a représenté sur la figure 5, une représentation graphique possible et très simplifiée d'un jeu tel qu'il peut être pris en compte par le dispositif 1, comprenant les hypothèses suivantes.

On suppose que l'attaquant a le choix entre différentes trajectoires. Ces trajectoires sont discrétisées. De nombreuses autres caractéristiques potentielles de l'attaque peuvent également être représentées : le choix de la mission (bâtiment cible, mission de reconnaissance,...) ou la classification des menaces (drone, avion de chasse,...) en sont des exemples non exhaustifs. Les actions du défenseur sont également discrétisées. A intervalles de temps réguliers, le défenseur reçoit des mesures des détecteurs, par exemple de l'ensemble 17 du dispositif 1. Il a alors la possibilité d'engager un attaquant en déclenchant un tir avant la réception d'une nouvelle mesure ou il a la possibilité d'attendre.

Dans l'exemple de la figure 5, on considère qu'il y a une seule piste (c'est-à-dire un seul attaquant), un seul lanceur (une seule décision de tir possible, mais à plusieurs dates possibles) et un seul objectif (ou cible) 39.

Quant aux trajectoires T1, T2, T3 et T4, elles sont considérées comme possibles pour l'attaquant pour atteindre l'objectif 39. Sur la figure 5, on a représenté :

- une position P0 à un temps t_0 , ne permettant pas de discriminer les trajectoires T1 à T4 ;
- deux positions P1A et P1B à un temps $t_0 + \Delta t$ permettant de discriminer d'une part le couple de trajectoires T1 et T2 et d'autre part le couple de trajectoires T3 et T4 ; et
- quatre positions P1A, P1B, P2C et P2D à un temps $t_0 + 2\Delta t$ à l'approche de l'objectif (ou cible) 39, faisant partie respectivement des trajectoires T1, T2, T3 et T4.

Le jeu associé à ce scénario de la figure 5 est représenté sous forme d'un arbre de jeu 40 sur la figure 6, auquel on a associé une échelle de temps 41.

Sur cet arbre de jeu 40, les grands cercles 42 représentent les

nœuds de décision de l'attaquant et du défenseur. Les petits cercles 43 représentent les nœuds terminaux. L'attaquant a le choix entre quatre trajectoires T1, T2, T3 et T4. Le défenseur n'a pas l'information de ces trajectoires mais reçoit les mesures des détecteurs, ce qui lui permet de conjecturer ces trajectoires. Il prend la décision de tirer ou non à chaque
5 réception de mesure(s) d'un détecteur.

Les traits pointillés horizontaux 44 indiquent que les nœuds de décision reliés ne peuvent pas être distingués par le défenseur. A t_0 , il ne sait pas quelle est la trajectoire de l'attaquant. Donc, de son point de vue, la
10 décision est la même pour les quatre nœuds. Il ne dispose pas d'information permettant de les distinguer.

A $t_0 + \Delta t$, après réception d'une mesure, le défenseur est capable de faire un premier tri sur les trajectoires possibles (entre T1 et T2 d'une part, et T3 et T4 d'autre part).

15 Au niveau des nœuds terminaux, les joueurs ont pris toutes leurs décisions, et on peut donc calculer les fonctions d'utilité de l'attaquant et du défenseur.

Le procédé mis en œuvre par le dispositif 1 tient compte de nombreux éléments pour prédire la solution d'attaque optimale de
20 l'attaquant, et en déduire la solution de défense optimale la plus adaptée. Au-delà des trajectoires des menaces, il évalue également leurs caractéristiques.

L'application de la théorie des jeux au problème de défense d'un système C2 permet de prendre en compte toutes les informations dont
25 dispose la défense. En particulier, la connaissance de l'opérateur est intégrée dans les procédures, notamment les trajectoires, étudiées pour modéliser l'attaque et dans les probabilités associées à ces procédures ou trajectoires en amont de la résolution du jeu (croyance a priori). La prédiction est ainsi affinée en considérant l'expertise de l'opérateur sur la
30 mission et la classification de la menace, puisque le procédé de prédiction rend possible la distinction des cibles potentielles de l'attaque selon leur

importance. Il donne également la possibilité à l'opérateur de renseigner les caractéristiques probables de la menace considérée. Il permet également à l'opérateur d'entrer les informations dont il pourrait avoir connaissance par ailleurs et qui lui permettent de privilégier certaines hypothèses.

L'intégration de cette connaissance aux algorithmes utilisés par l'unité centrale 3 permet une très bonne interaction de l'opérateur avec le dispositif 1.

Le procédé de prédiction permet de représenter des stratégies d'attaque pour mieux les exploiter. Il peut gérer des scénarios d'attaque d'une zone par plusieurs menaces simultanées, au lieu de considérer chaque menace individuellement. En partant du principe qu'un unique centre de commandement a ordonné l'attaque, les procédures (trajectoires par exemple) des menaces ne sont pas indépendantes, et ont été choisies volontairement. Les attaques de ces menaces sont coordonnées entre elles. Cette approche prédit les procédures (trajectoires par exemple) de ces menaces simultanément, en prenant en compte cette dépendance.

Le procédé de prédiction exploite également la notion de position d'apparition (c'est-à-dire de la position à laquelle chaque menace est détectée la première fois). Au cours d'une attaque, la position d'apparition d'une menace n'est pas anodine. L'unité centrale 3 interprète le fait que l'attaquant ait choisi une position plutôt qu'une autre, ce qui rend la prédiction plus réaliste, puisque ce choix donne des informations sur l'objectif de l'attaquant.

Le procédé de prédiction permet non seulement de prédire la trajectoire d'une menace, mais il associe également des probabilités à d'autres éléments. Pour représenter au mieux le problème, les différentes missions possibles et les classifications de menaces potentielles sont finement modélisées. En les associant aux informations à disposition du défenseur, le dispositif 1 déduit la trajectoire future d'une menace, et évalue également la cible de l'attaque, ainsi que les caractéristiques de la

menace telles que sa nature et son armement.

Le dispositif 1 et le procédé de prédiction, tels que décrits ci-dessus, sont mis en œuvre de préférence pour protéger une zone d'une attaque aérienne comme indiqué ci-dessus, mais ils peuvent être étendus à une aide au déploiement. On peut en effet comparer l'efficacité de deux déploiements face à un type d'attaque aérienne en comparant les valeurs obtenues pour l'utilité du défenseur dans chaque déploiement.

En outre, ce dispositif 1 et ce procédé peuvent être utilisés comme une aide à la planification de mission. Il suffit, dans ce cas, de se placer du point de vue de l'attaquant, en mettant en œuvre les opérations précitées, et de prendre en compte les données connues ou supposées dont dispose l'attaquant sur les deux protagonistes.

Tout en déterminant les meilleures solutions d'attaque de l'adversaire, le dispositif 1 calcule la ou les meilleures solutions de défense, sous forme d'une séquence de décisions. Les propriétés de l'équilibre font que les solutions d'attaque et de défense ainsi calculées sont les meilleures possibles pour les deux acteurs. Cette approche peut se généraliser à de nombreux systèmes d'aide à la décision dans le domaine militaire, en particulier les systèmes de planification et de conduite de missions utilisés dans les systèmes d'armes ou même dans les états-majors, ou les systèmes de préparation d'opérations militaires, à l'échelon tactique ou même stratégique.

REVENDECATIONS

1. Dispositif de prédiction d'une solution d'attaque optimale et d'une solution de défense optimale correspondante, dans un scénario de conflit militaire au moins potentiel entre un attaquant et un défenseur, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un ensemble d'entrée de données (2) configuré pour entrer dans ledit dispositif (1), à la fois des données de l'attaquant et des données du défenseur, les données du défenseur étant relatives à un site au sol à protéger pourvu de capacités de défense, et les données de l'attaquant étant relatives à une attaque aérienne dudit site au sol à protéger et comprenant des données courantes détectées, les données de l'attaquant comportant au moins certaines des données suivantes :

- des modèles de procédures d'attaque ;
- des types de menaces et des caractéristiques associées ;
- au moins une position détectée d'apparition d'une menace ;
- au moins une position supposée d'apparition d'une menace ; et
- des préférences de l'attaquant,

et les données du défenseur comportant au moins certaines des données suivantes :

- des missions possibles ;
- des données de moyens de détection ;
- des caractéristiques de moyens de détection ;
- des positions de cibles potentielles dans la zone à défendre ;
- des capacités de défense de la zone à défendre ; et
- des préférences du défenseur ;

- une unité centrale (3) comportant :

- une unité de modélisation (4) configurée pour générer un arbre de jeu évalué, à partir desdites données entrées, dans le cadre de la théorie des jeux ;

- une unité de résolution (6) configurée pour définir un équilibre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, un équilibre définissant un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur ;

5 • une unité d'interprétation (7) configurée pour déterminer, à partir de l'équilibre de jeu, une solution d'attaque optimale et une solution de défense optimale, la mieux adaptée à cette solution d'attaque optimale ; et

10 - une unité de transmission d'informations (9) configurée pour transmettre à un opérateur ou un système utilisateur, au moins ladite solution d'attaque optimale et ladite solution de défense optimale.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ensemble d'entrée de données (2) comporte au moins certains des éléments suivants :

15 - un élément de saisie (12) permettant à un opérateur de saisir des données à entrer ;

 - un élément de chargement de données (14) associé à une mémoire (15) et configuré pour charger des données dans ladite mémoire (15).

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un détecteur (D1, DN) apte à
20 détecter des données courantes relatives à un moyen d'attaque d'un attaquant, et en ce que l'ensemble d'entrée de données (2) comporte une liaison de transmission de données (18) permettant d'entrer de façon automatique des données courantes détectées par le détecteur (D1, DN).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'unité de transmission d'informations (9) comporte :
25 - des moyens d'affichage (19) qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison (10) à l'unité centrale (3) ; ou
 - une liaison (11) pour transmettre, au moins ladite solution d'attaque optimale et ladite solution de défense optimale, à un système utilisateur.

30 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que la solution de défense optimale consiste à définir une proposition d'engagement comprenant un plan d'allocation optimal qui précise une allocation d'armes du site à défendre et prévoit des dates de tir de ces armes pour détruire les menaces, dans le but d'allouer au mieux les ressources disponibles pour traiter les menaces en maximisant l'espérance de survie de points stratégiques défendus.

6. Procédé de prédiction d'une solution d'attaque optimale et d'une solution de défense optimale correspondante, dans un scénario de conflit militaire au moins potentiel entre un attaquant et un défenseur,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape (E1) d'entrée de données, mise en œuvre par un ensemble d'entrée de données (2), consistant à entrer, au moins initialement avant la mise en œuvre du procédé, à la fois des données de l'attaquant et des données du défenseur, les données du défenseur étant relatives à un site au sol à protéger pourvu de capacités de défense, et les données de l'attaquant étant relatives à une attaque aérienne dudit site au sol à protéger et comprenant des données courantes détectées, les données de l'attaquant comportant au moins certaines des données suivantes :

- des modèles de procédures d'attaque ;
- des types de menaces et des caractéristiques associées ;
- au moins une position détectée d'apparition d'une menace ;
- au moins une position supposée d'apparition d'une menace ; et
- des préférences de l'attaquant,

et les données du défenseur comportant au moins certaines des données suivantes :

- des missions possibles ;
- des données de moyens de détection ;
- des caractéristiques de moyens de détection ;
- des positions de cibles potentielles dans la zone à défendre ;
- des capacités de défense de la zone à défendre ; et
- des préférences du défenseur ;

- une étape (E2) de modélisation de scénario, mise en œuvre par une unité de modélisation (4), consistant à générer un arbre de jeu évalué à partir desdites données entrées dans le cadre de la théorie des jeux ;

- une étape (E3) de résolution, mise en œuvre par une unité de résolution (6), consistant à définir un équilibre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, un équilibre définissant un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur ;

- une étape (E4) d'interprétation, mise en œuvre par une unité d'interprétation (7), consistant à déterminer, à partir de l'équilibre de jeu, une solution d'attaque optimale et une solution de défense optimale, la mieux adaptée à cette solution d'attaque optimale ; et

- une étape (E5) de transmission d'informations, mise en œuvre par une unité de transmission d'informations (9), consistant à transmettre à un opérateur ou un système utilisateur, au moins ladite solution d'attaque optimale et ladite solution de défense optimale.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il s'applique à au moins l'une des situations suivantes, relative à un scénario de conflit militaire :

- une défense anti-aérienne ;
- un combat aérien, défensif ou offensif ;
- une planification de mission pour la frappe d'objectifs.

8. Procédé selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que la solution de défense optimale consiste à définir une proposition d'engagement comprenant un plan d'allocation optimal qui précise une allocation d'armes du site à défendre et prévoit des dates de tir de ces armes pour détruire les menaces, dans le but d'allouer au mieux les ressources disponibles pour traiter les menaces en maximisant l'espérance de survie de points stratégiques défendus.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8,

caractérisé en ce que l'étape (E4) d'entrée de données consiste également à entrer des données courantes détectées, au moins de l'attaquant, lors de la mise en œuvre du procédé.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 9,

caractérisé en ce que l'étape (E2) de modélisation comporte :

- une première sous-étape consistant à générer un ensemble de stratégies possibles à l'aide de certaines des données entrées ;
- une deuxième sous-étape consistant à générer un arbre de jeu dans le cadre de la théorie des jeux, à partir dudit ensemble de stratégies ;
- une troisième sous-étape consistant à évaluer ledit arbre de jeu, à l'aide de données de certaines des données entrées.

11. Procédé selon la revendication 10,

caractérisé en ce que la troisième sous-étape consiste, à partir de couples de stratégies, à évaluer au moins un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur, et à attribuer une valeur à l'attaquant et une valeur au défenseur.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 11,

caractérisé en ce que l'étape (E3) de résolution comprend :

- une première sous-étape consistant à élaguer l'arbre de jeu reçu, à partir de données relatives à des menaces, de manière à former un arbre de jeu réduit ; et
- une seconde sous-étape consistant à déterminer l'équilibre de jeu, à partir de cet arbre de jeu réduit, pour en déduire un couple de stratégie attaquant et de stratégie défenseur.

13. Procédé selon la revendication 12,

caractérisé en ce que la première sous-étape utilise également des données courantes détectées, entrées lors de la mise en œuvre du procédé, pour élaguer l'arbre de jeu reçu.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 13,

caractérisé en ce que l'étape (E4) d'interprétation comprend :

- une première sous-étape consistant à interpréter la solution d'attaque optimale ; et

- une deuxième sous-étape consistant à interpréter la solution de défense optimale la mieux adaptée à cette solution de d'attaque optimale permettant de définir des règles d'engagement du défenseur.

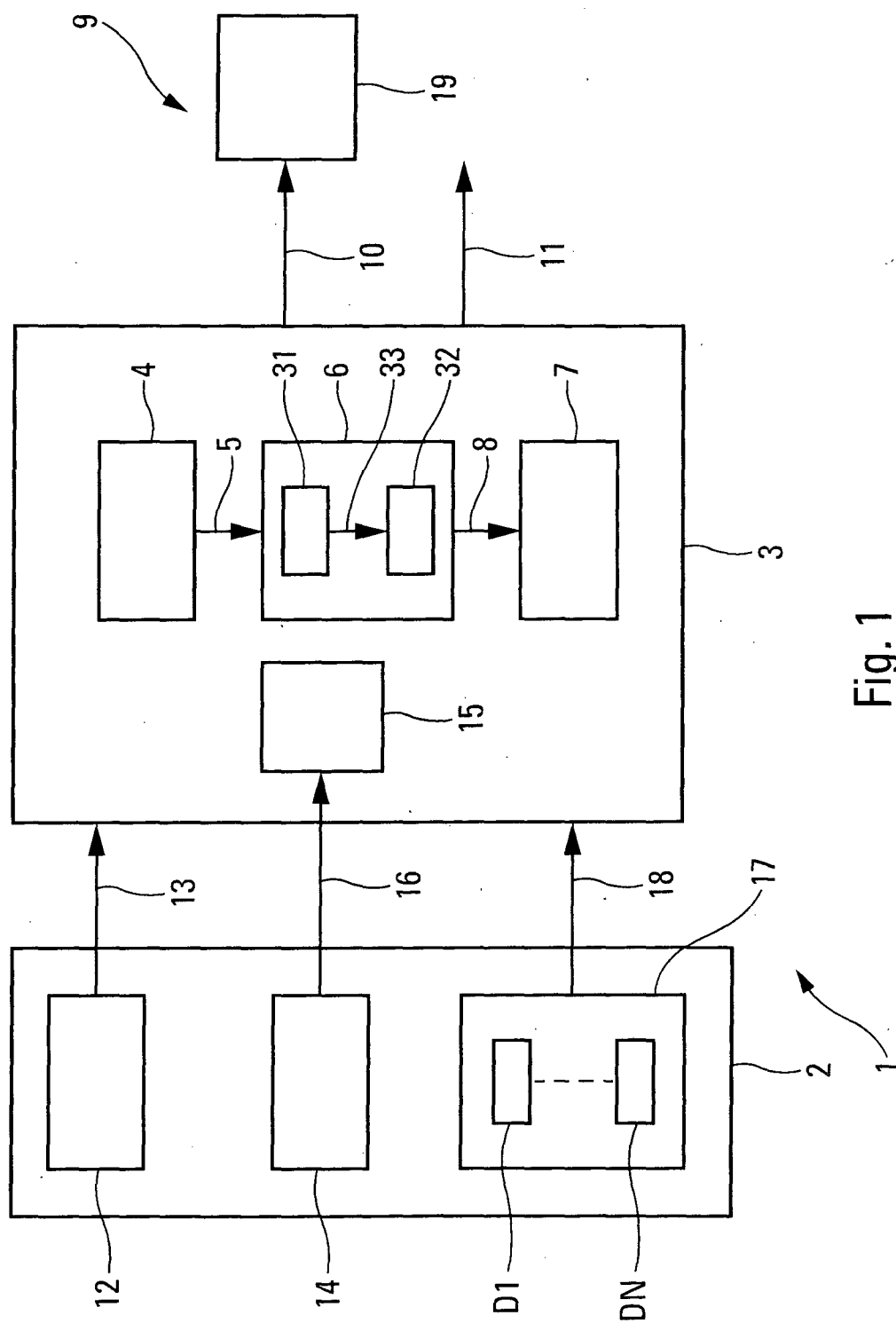
15. Procédé selon la revendication 14,

5 caractérisé en ce que l'étape (E4) d'interprétation comprend également une sous-étape d'évaluation de la dangerosité de la menace.

16. Procédé selon l'une des revendications 14 et 15,

10 caractérisé en ce que l'étape (E4) d'interprétation comprend également une sous-étape d'évaluation de la probabilité de réussite de la solution d'attaque optimale et de la probabilité de réussite de la solution de défense optimale.

1/3



2/3

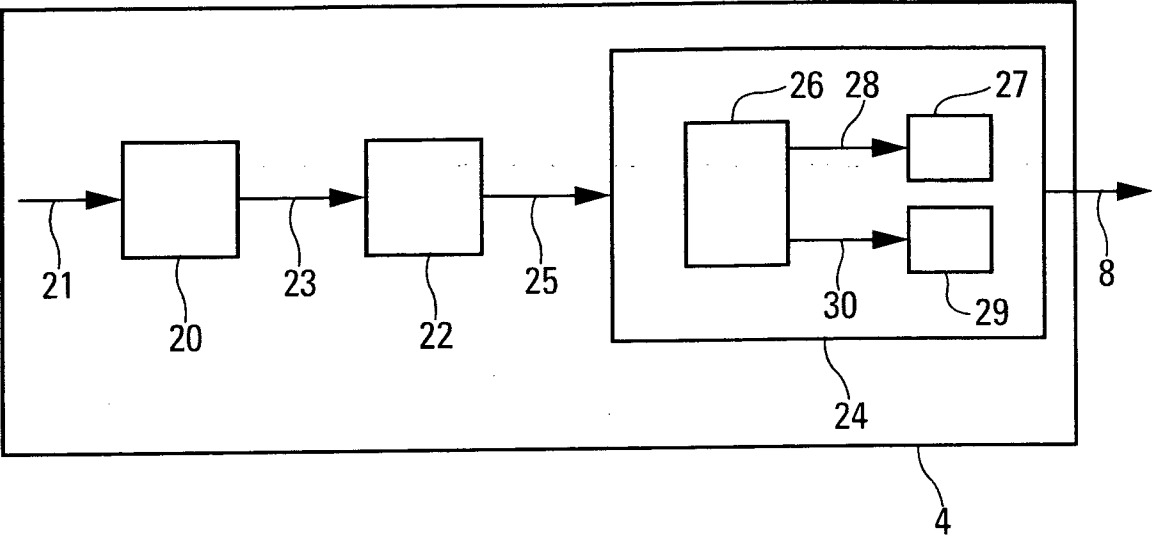


Fig. 2

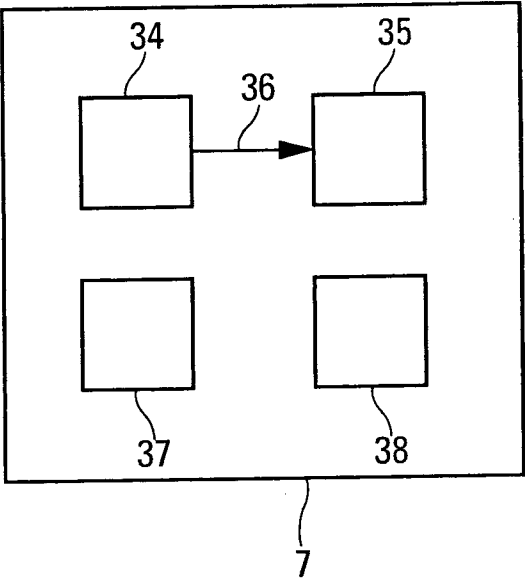


Fig. 3

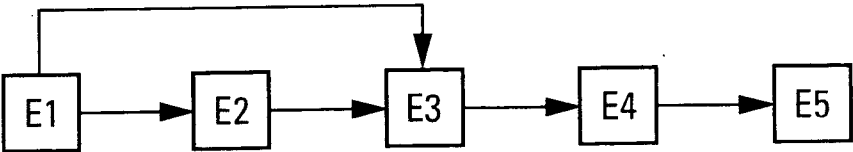


Fig. 4

3/3

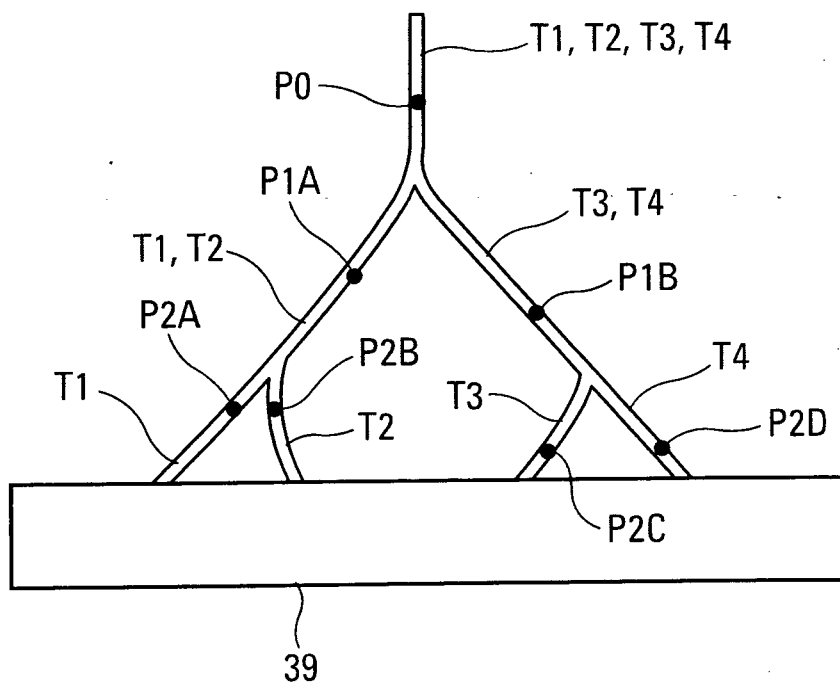


Fig. 5

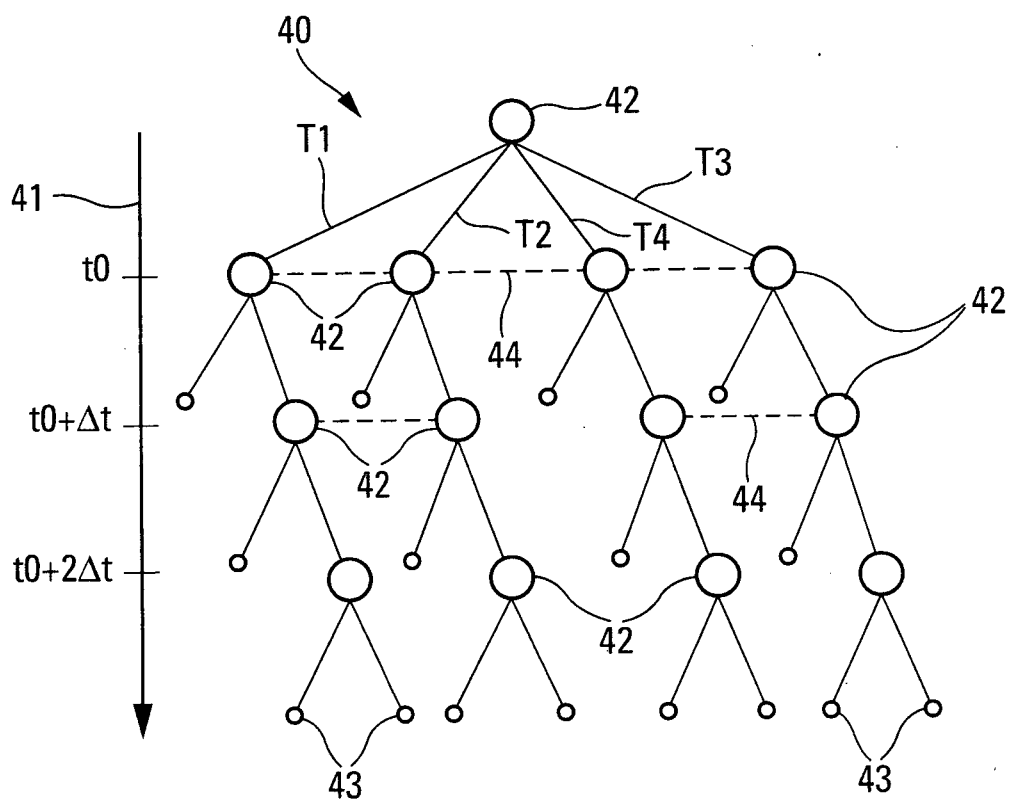


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/000031

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G09B9/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G09B

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

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

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	NASEEM AFSHAN ET AL: "Real-time decision support system for resource optimization & management of threat evaluation and weapon assignment engineering in air defence", 2014 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, IEEE, 9 December 2014 (2014-12-09), pages 565-569, XP032744600, DOI: 10.1109/IEEM.2014.7058701 abstract page 565, column gauche, paragraph 3 - column droite, paragraph 1 page 565, column droite, paragraph 2 - page 569, column droite, paragraph 1 ----- -/--	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 April 2018

Date of mailing of the international search report

07/05/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beltrán-Escavy, José

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2018/000031

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 765 545 A1 (MBDA FRANCE [FR]) 13 August 2014 (2014-08-13) abstract paragraph [0001] - paragraph [0037] -----	1-16
A	EP 2 765 544 A1 (MBDA FRANCE [FR]) 13 August 2014 (2014-08-13) the whole document -----	1-16
A	FR 2 767 770 A1 (ALSTHOM CGE ALCATEL [FR]) 5 March 1999 (1999-03-05) the whole document -----	1-16
A	US 2005/183569 A1 (SOLOMON NEAL [US]) 25 August 2005 (2005-08-25) the whole document -----	1-16
A	US 7 194 353 B1 (BALDWIN RICHARD [US] ET AL) 20 March 2007 (2007-03-20) the whole document -----	1-16
A	FR 2 975 784 A1 (THALES RAYTHEON SYSTEMS COMPANY SAS [FR]) 30 November 2012 (2012-11-30) the whole document -----	1-16
A	FR 2 987 108 A1 (GDI SIMULATION [FR]) 23 August 2013 (2013-08-23) the whole document -----	1-16
A	US 2015/054826 A1 (VARGA KENNETH [US]) 26 February 2015 (2015-02-26) the whole document -----	1-16
A	FR 3 015 023 A1 (DASSAULT AVIAT [FR]) 19 June 2015 (2015-06-19) the whole document -----	1-16
A	EP 2 887 277 A1 (THALES NEDERLAND BV [NL]) 24 June 2015 (2015-06-24) the whole document -----	1-16
A	EP 2 899 491 A1 (MBDA FRANCE [FR]) 29 July 2015 (2015-07-29) the whole document -----	1-16
A	US 9 177 259 B1 (LEVCHUK GEORGIY [US]) 3 November 2015 (2015-11-03) the whole document -----	1-16
A	US 9 524 358 B1 (RUTKOWSKI KRZYSZTOF J [US] ET AL) 20 December 2016 (2016-12-20) the whole document -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/000031

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 2765545	A1	13-08-2014	CN	105144206 A		09-12-2015
			EP	2765545 A1		13-08-2014
			FR	3002058 A1		15-08-2014
			RU	2015134854 A		16-03-2017
			SG 11201505995X	A		29-09-2015
			US	2015363734 A1		17-12-2015
			WO	2014122373 A1		14-08-2014

EP 2765544	A1	13-08-2014	CN	105144207 A		09-12-2015
			EP	2765544 A1		13-08-2014
			FR	3002059 A1		15-08-2014
			RU	2015134855 A		16-03-2017
			SG 11201506225Y	A		29-09-2015
			US	2015377596 A1		31-12-2015
			WO	2014122372 A2		14-08-2014

FR 2767770	A1	05-03-1999	AT	239635 T		15-05-2003
			DE	69814276 D1		12-06-2003
			DE	69814276 T2		19-02-2004
			EP	0905003 A1		31-03-1999
			FR	2767770 A1		05-03-1999

US 2005183569	A1	25-08-2005	AU	2003272193 A1		19-01-2004
			EP	1534591 A2		01-06-2005
			JP	2005523415 A		04-08-2005
			US	2004030449 A1		12-02-2004
			US	2004030450 A1		12-02-2004
			US	2004030451 A1		12-02-2004
			US	2004134336 A1		15-07-2004
			US	2004134337 A1		15-07-2004
			US	2005183569 A1		25-08-2005
			WO	2004003680 A2		08-01-2004

US 7194353	B1	20-03-2007	NONE			

FR 2975784	A1	30-11-2012	NONE			

FR 2987108	A1	23-08-2013	EP	2817581 A1		31-12-2014
			FR	2987108 A1		23-08-2013
			WO	2013124434 A1		29-08-2013

US 2015054826	A1	26-02-2015	NONE			

FR 3015023	A1	19-06-2015	NONE			

EP 2887277	A1	24-06-2015	CA	2933954 A1		25-06-2015
			EP	2887277 A1		24-06-2015
			US	2016300504 A1		13-10-2016
			WO	2015091065 A1		25-06-2015

EP 2899491	A1	29-07-2015	CN	106461361 A		22-02-2017
			EP	2899491 A1		29-07-2015
			FR	3016690 A1		24-07-2015
			SG 11201605934W	A		30-08-2016
			US	2016341531 A1		24-11-2016
			WO	2015110727 A1		30-07-2015

US 9177259	B1	03-11-2015	NONE			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/000031

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 9524358	B1	20-12-2016	NONE

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G09B9/00
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G09B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	NASEEM AFSHAN ET AL: "Real-time decision support system for resource optimization & management of threat evaluation and weapon assignment engineering in air defence", 2014 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, IEEE, 9 décembre 2014 (2014-12-09), pages 565-569, XP032744600, DOI: 10.1109/IEEM.2014.7058701 abrégé page 565, colonne gauche, alinéa 3 - colonne droite, alinéa 1 page 565, colonne droite, alinéa 2 - page 569, colonne droite, alinéa 1 ----- -/--	1-16



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 avril 2018

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/05/2018

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Beltrán-Escavy, José

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 2 765 545 A1 (MBDA FRANCE [FR]) 13 août 2014 (2014-08-13) abrégé alinéa [0001] - alinéa [0037] -----	1-16
A	EP 2 765 544 A1 (MBDA FRANCE [FR]) 13 août 2014 (2014-08-13) le document en entier -----	1-16
A	FR 2 767 770 A1 (ALSTHOM CGE ALCATEL [FR]) 5 mars 1999 (1999-03-05) le document en entier -----	1-16
A	US 2005/183569 A1 (SOLOMON NEAL [US]) 25 août 2005 (2005-08-25) le document en entier -----	1-16
A	US 7 194 353 B1 (BALDWIN RICHARD [US] ET AL) 20 mars 2007 (2007-03-20) le document en entier -----	1-16
A	FR 2 975 784 A1 (THALES RAYTHEON SYSTEMS COMPANY SAS [FR]) 30 novembre 2012 (2012-11-30) le document en entier -----	1-16
A	FR 2 987 108 A1 (GDI SIMULATION [FR]) 23 août 2013 (2013-08-23) le document en entier -----	1-16
A	US 2015/054826 A1 (VARGA KENNETH [US]) 26 février 2015 (2015-02-26) le document en entier -----	1-16
A	FR 3 015 023 A1 (DASSAULT AVIAT [FR]) 19 juin 2015 (2015-06-19) le document en entier -----	1-16
A	EP 2 887 277 A1 (THALES NEDERLAND BV [NL]) 24 juin 2015 (2015-06-24) le document en entier -----	1-16
A	EP 2 899 491 A1 (MBDA FRANCE [FR]) 29 juillet 2015 (2015-07-29) le document en entier -----	1-16
A	US 9 177 259 B1 (LEVCHUK GEORGIY [US]) 3 novembre 2015 (2015-11-03) le document en entier -----	1-16
A	US 9 524 358 B1 (RUTKOWSKI KRZYSZTOF J [US] ET AL) 20 décembre 2016 (2016-12-20) le document en entier -----	1-16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/000031

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2765545	A1	13-08-2014	CN 105144206 A EP 2765545 A1 FR 3002058 A1 RU 2015134854 A SG 11201505995X A US 2015363734 A1 WO 2014122373 A1	09-12-2015 13-08-2014 15-08-2014 16-03-2017 29-09-2015 17-12-2015 14-08-2014
EP 2765544	A1	13-08-2014	CN 105144207 A EP 2765544 A1 FR 3002059 A1 RU 2015134855 A SG 11201506225Y A US 2015377596 A1 WO 2014122372 A2	09-12-2015 13-08-2014 15-08-2014 16-03-2017 29-09-2015 31-12-2015 14-08-2014
FR 2767770	A1	05-03-1999	AT 239635 T DE 69814276 D1 DE 69814276 T2 EP 0905003 A1 FR 2767770 A1	15-05-2003 12-06-2003 19-02-2004 31-03-1999 05-03-1999
US 2005183569	A1	25-08-2005	AU 2003272193 A1 EP 1534591 A2 JP 2005523415 A US 2004030449 A1 US 2004030450 A1 US 2004030451 A1 US 2004134336 A1 US 2004134337 A1 US 2005183569 A1 WO 2004003680 A2	19-01-2004 01-06-2005 04-08-2005 12-02-2004 12-02-2004 12-02-2004 15-07-2004 15-07-2004 25-08-2005 08-01-2004
US 7194353	B1	20-03-2007	AUCUN	
FR 2975784	A1	30-11-2012	AUCUN	
FR 2987108	A1	23-08-2013	EP 2817581 A1 FR 2987108 A1 WO 2013124434 A1	31-12-2014 23-08-2013 29-08-2013
US 2015054826	A1	26-02-2015	AUCUN	
FR 3015023	A1	19-06-2015	AUCUN	
EP 2887277	A1	24-06-2015	CA 2933954 A1 EP 2887277 A1 US 2016300504 A1 WO 2015091065 A1	25-06-2015 24-06-2015 13-10-2016 25-06-2015
EP 2899491	A1	29-07-2015	CN 106461361 A EP 2899491 A1 FR 3016690 A1 SG 11201605934W A US 2016341531 A1 WO 2015110727 A1	22-02-2017 29-07-2015 24-07-2015 30-08-2016 24-11-2016 30-07-2015
US 9177259	B1	03-11-2015	AUCUN	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/000031

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 9524358	B1	20-12-2016	AUCUN