

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①1 N° de publication : **3 132 293**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **22 00880**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 66 C 15/04 (2022.01)**

⑫

## BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Procédé de pilotage automatique pour une orientation de mise en sécurité autonome de la flèche en risque d'interférence.

②2 Date de dépôt : 01.02.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 04.08.23 Bulletin 23/31.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 15.12.23 Bulletin 23/50.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *MANITOWOC CRANE GROUP  
FRANCE Société par actions simplifiée (SAS) — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : LEMIRE François.

⑦3 Titulaire(s) : *MANITOWOC CRANE GROUP  
FRANCE Société par actions simplifiée (SAS).*

⑦4 Mandataire(s) : CABINET GERMAIN ET MAUREAU.

FR 3 132 293 - B1



## **Description**

### **Titre de l'invention : Procédé de pilotage automatique pour une orientation de mise en sécurité autonome de la flèche en risque d'interférence**

#### **Domaine technique**

- [0001] L'invention se rapporte de manière générale au domaine technique des grues, et en particulier des grues à tour. L'invention se rapporte également à un système de pilotage exécutant ce procédé de pilotage, et à une grue équipée de ce dit système de pilotage.
- [0002] L'invention se rapporte plus particulièrement à un procédé de pilotage de grue, pour lequel la flèche de la grue est pilotable dans un état de pilotage automatisé dans le but d'éviter d'entrer en collision avec des obstacles voisins, notamment les flèches des grues voisines.
- [0003] L'invention trouve ainsi une application favorite sur les chantiers dans lesquels sont installées et utilisées au moins deux grues dont les flèches opèrent dans des aires circulaires de travail en intersection.

#### **Technique antérieure**

- [0004] De manière connue, il peut être nécessaire d'installer et utiliser plusieurs grues sur un chantier pour couvrir, à cause de son relief, l'ensemble de l'aire de construction, et/ou pour atteindre les objectifs visés par le contexte applicatif. Cependant, en fonction des emplacements où sont montées les grues et des tâches qui leur sont assignées, il est possible que leurs champs d'action, qui décrivent une aire circulaire, se recouvrent partiellement. La problématique soulevée par ces zones de recouvrement, appelées zones d'interférence, est qu'il existe un risque plus ou moins élevé que les grues partageant une zone d'interférence puissent, lors de leur mouvement d'orientation, être en interférence dans cette dite zone d'interférence, et dans le pire cas entrer en collision.
- [0005] Dans le cas où la présence de zone d'interférence est inévitable, les gestionnaires du chantier doivent impérativement et obligatoirement équiper les grues de dispositifs de sécurité prévenant ces risques d'interférence et de collision, comme : des systèmes anticollisions contrôlant et détectant en continu si, dans son mouvement d'orientation, la flèche de la grue va ou non rencontrer un obstacle (comme la flèche d'une autre grue) ; ou des limiteurs d'espace de travail / de course, par exemple des limiteurs d'orientation. Généralement, ces équipements sont connectés et communiquent avec le système de contrôle/commande de la grue, lequel pilote ses mouvements d'orientation.
- [0006] Sur de tels chantiers, lorsque tous les grutiers ont quitté leurs postes de pilotage, il est classique de placer toutes les grues dans un état de girouette ou hors service, dans lequel pour chacune le frein d'orientation est libéré et la flèche est libre de tourner sous

l'action du vent, s'alignant ainsi naturellement dans le vent.

- [0007] Par contre, dans le cas particulier où l'une des grues est en état de travail avec un grutier à la manœuvre, et où le grutier d'une grue voisine n'est pas à son poste de pilotage, il est alors nécessaire, et connu, de placer cette grue voisine dans un état de pilotage automatisé de l'orientation de sa flèche, afin que celle-ci n'interfère pas avec la flèche de la grue en état de travail.
- [0008] De nombreux procédés de pilotage automatisé qui sont exécutés par le système de contrôle/commande en vue d'orienter automatiquement la flèche de sorte à limiter, voire supprimer, tout risque d'interférence, et donc éventuellement de collision, dans au moins une zone d'interférence, sont disponibles dans la littérature, tels que ceux cités ci-dessous.
- [0009] Les documents EP3495310, EP3495311 et FR3030496 divulguent des procédés de pilotage automatisé pour lesquels, si le système anticollision d'une première grue qui se trouve dans une zone d'interférence détecte un risque de collision avec une seconde grue, ladite première grue effectue une orientation afin dans un premier temps de sortir de la zone d'interférence, et dans un second se positionner dans une configuration telle que la flèche soit dans l'alignement du vent ou dans une direction substantiellement parallèle au vent, l'orientation se faisant selon un sens d'orientation tel que la première grue traverse le moins de zones d'interférence possible.
- [0010] Le document US2020/0399098 concerne un procédé de pilotage automatique conçu tel qu'en cas de risque d'interférence entre une première grue en fonctionnement et une deuxième grue qui n'est pas en fonctionnement, la première grue s'arrête puis communique avec la seconde grue afin que celle-ci se mette en état de fonctionnement et effectue une orientation, dans le sens d'orientation opposé au mouvement de la première grue, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de risque d'interférence entre les deux grues. Une fois la seconde grue dans une configuration de mise en sécurité, la première grue se remet en marche et poursuit à nouveau son orientation en vue de réaliser la tâche qui lui est assignée.
- [0011] De manière similaire, le document FR2876992 propose un procédé automatique de mise en girouette d'un ensemble de grues interférentes, pour lequel chacune des grues comprend un automate dans lequel sont analysées les données concernant l'état actuel de la grue associée, et qui sont transmises aux automates des autres grues, et caractérisé en ce qu'un signal de mise en girouette est émis par chaque grue et que l'automate de la grue n'autorise la mise en girouette effective de la grue que lorsque le signal envoyé par les automates de chacune des autres grues lui indique qu'une flèche en travail ne balaye l'aire balayée par la flèche de la grue hors service à laquelle il appartient.
- [0012] Indépendamment de leur performance et leur efficacité, l'inconvénient de ces

procédés automatiques est qu'ils nécessitent tous pour leur mise en œuvre de faire communiquer les grues interférentes entre elles avec la conception de solutions hardware et/ou software et/ou protocolaire permettant l'échange entre grues, en temps réel, d'informations nécessaires au calcul des interférences (comme dans le cas de EP3495310, EP3495311 et FR3030496), d'ordres de mise en mouvement et d'arrêt (US2020/0399098) ; ou bien encore d'établir des règles de priorités qui déterminent, entre autres, lorsqu'un risque d'interférence est détecté entre deux grues, les conditions pour lesquelles une grue prend l'ascendance sur la seconde en fonction, par exemple en fonction de leur état (état de travail, de repos, automatique, etc.) ou de la tâche qu'il leur est assignée. Les règles de priorité sont donc établies en fonction des contextes applicatif et d'environnement du chantier, induisant de connaître/maitriser l'ensemble des situations pouvant se produire.

[0013] Ainsi, la mise en application de ces procédés peut se révéler coûteuse en ressources et ardue selon le degré de complexité du contexte applicatif : relief du terrain du chantier avec ou non des dénivelés, nombre de grues en interférence installées sur le chantier et étendue des zones d'interférence, tâches assignées aux grues interférentes, etc.

### **Résumé de l'invention**

[0014] L'invention a pour but de proposer un procédé de pilotage automatique pour la mise en sécurité de grues en interférence qui soit efficient mais aussi aisé à mettre en œuvre et à utiliser, procurant une orientation automatique de la flèche d'une grue se trouvant dans un état de pilotage automatisé et positionnant celle-ci dans une configuration de sécurité en parfaite autonomie, c'est-à-dire sans avoir besoin de communiquer avec un quelconque système extérieur à la grue.

[0015] Ainsi, l'invention propose un procédé de pilotage automatique d'une grue dans un état de pilotage automatisé, ladite grue comprenant une flèche et au moins un système anticollision adapté pour détecter un risque de collision sur un côté droit et un côté gauche de la flèche, ladite flèche étant pilotable en orientation autour d'un axe d'orientation et opérant dans une aire circulaire de travail, ledit procédé de pilotage automatique mettant en œuvre, lorsque l'au moins un système anticollision détecte un risque de collision avec un obstacle situé sur le côté droit ou le côté gauche de la flèche quand celle-ci se trouve dans une position angulaire de départ, une étape d'orientation automatique et autonome durant laquelle la flèche est orientée depuis cette position angulaire de départ dans un sens d'orientation, qui est opposé au côté droit ou gauche pour lequel est détecté le risque de collision, au moins jusqu'à ce que l'au moins un système anticollision ne détecte plus le risque de collision.

[0016] Le procédé de pilotage automatique est ainsi défini comme étant centré sur la grue et

sur les détections de risque de collision pouvant éventuellement arriver du côté droit et/ou du côté gauche de sa flèche, dans son aire circulaire de travail. Tout élément entrant dans l'aire circulaire de travail de la grue et pour lequel est détecté un risque de collision avec la flèche est seulement perçu comme un obstacle. Avantagement, cela signifie qu'il n'est pas nécessaire de connaître le nombre d'éléments interférents ni leur nature, qui peut être aussi bien une charge que la flèche d'une autre grue. Cela sous-entend également que si l'obstacle est une seconde grue, son état (en travail, en girouette, etc.) n'a pas besoin d'être connu.

- [0017] Lorsqu'un risque de collision est détecté par le système anticollision entre la flèche de la grue et un obstacle, le procédé de pilotage automatique, durant l'étape dite d'orientation automatique et autonome, va réaliser automatiquement et en parfaite autonomie (donc sans recevoir d'instructions externes) une orientation de la flèche de la grue dans un sens d'orientation opposé à celui du côté de la flèche où a été détecté le risque de collision, depuis la position angulaire de départ dans laquelle se trouvait la flèche au moment de la détection du risque de collision jusqu'à au moins atteindre une position angulaire pour laquelle le risque de collision n'est plus détecté.
- [0018] Avantagement, le procédé de pilotage automatique ne nécessite, pour la détection d'un risque de collision et la mise en œuvre de l'étape d'orientation automatique et autonome, qu'à minima au moins un système d'anticollision équipant la grue et capable de détecter les risques de collision en provenance du côté gauche et du côté droit de sa flèche (bien entendu, et comme précisé ultérieurement, la mise en œuvre du procédé peut nécessiter son implémentation et son exécution par le système de contrôle/commande de la grue, lequel est également en communication avec l'au moins un système anticollision). Aucune communication avec un système extérieur à la grue et à ses équipements n'est nécessaire ni prévu, d'où l'autonomie du procédé de pilotage automatique.
- [0019] Selon une caractéristique de l'invention, durant l'étape d'orientation automatique et autonome, la flèche est orientée dans le sens d'orientation jusqu'à atteindre ou dépasser une première position angulaire correspondant à une position angulaire, partant la position angulaire de départ, à partir de laquelle l'au moins un système anticollision ne détecte plus de risque de collision.
- [0020] Selon une caractéristique de l'invention, durant l'étape d'orientation automatique et autonome, la flèche est orientée dans le sens d'orientation jusqu'à atteindre ou dépasser une position angulaire de précaution localisé à une distance angulaire de précaution depuis la première position angulaire.
- [0021] Pendant l'étape d'orientation automatique et autonome, le procédé de pilotage automatique oriente tout d'abord la flèche de la grue dans le sens d'orientation opposé au côté où s'est produit la détection de risque de collision jusqu'à atteindre une position

angulaire, dite première position angulaire, pour laquelle le risque de collision n'est plus détecté. Cependant, afin que soit laissée une marge de sécurité supplémentaire pour minimiser davantage le risque de collision entre la grue et l'obstacle détecté, ou bien encore pour tenir compte par exemple du degré de précision/de la marge d'erreur de l'au moins un système d'anticollision, l'orientation est poursuivie dans le même sens d'orientation sur une certaine distance angulaire, dite de précaution, à partir de la première position angulaire, jusqu'à au moins atteindre une position angulaire dite position angulaire de précaution.

- [0022] Selon un mode de réalisation de l'invention, la distance angulaire de précaution est non nulle et paramétrable, et est par exemple comprise entre 3 et 10 degrés.
- [0023] Autrement dit, une telle distance angulaire de précaution paramétrable peut être considérée dans la définition du procédé de pilotage. Elle peut par exemple être comprise entre 3 et 10 degrés, et par exemple de l'ordre de 5 degrés. Suivant des variantes de réalisation, cette valeur peut être : soit fixée par les concepteurs du procédé de pilotage automatique ; soit choisie dans la plage de valeur indiquée par un opérateur qui va exécuter celui-ci, au cours par exemple d'une étape préalable de paramétrage.
- [0024] Selon une caractéristique de l'invention, le procédé de pilotage automatique comprend une sous-étape de sélection comprise dans l'étape d'orientation automatique et autonome, est sélectionnée une position angulaire finale pour laquelle un paramètre d'interférence représentatif d'un niveau de risque d'interférence entre la flèche et un obstacle est faible, et la flèche est orientée dans le sens d'orientation jusqu'à atteindre et se stopper dans ladite position angulaire finale.
- [0025] Ainsi, la finalité de l'étape d'orientation automatique et autonome est d'orienter la flèche de la grue de sa position angulaire de départ, où a été détecté le risque de collision avec un obstacle, jusqu'à la stopper et la positionner dans une position angulaire de mise en sécurité, appelée position angulaire finale, pour laquelle il n'y a plus de risque de collision avec l'obstacle mais également pour laquelle le risque de d'interférence/de collision avec un ou plusieurs autres obstacles est peu élevé. Cette position angulaire finale est choisie durant la sous-étape de sélection se déroulant au cours de l'étape d'orientation automatique et autonome, sur la base du paramètre d'interférence qui est représentatif d'un niveau de risque d'interférence.
- [0026] Selon une caractéristique de l'invention, le procédé de pilotage automatique exploite une cartographie d'interférence représentative de l'aire circulaire de travail et dans laquelle à chaque position angulaire est associée une valeur du paramètre d'interférence, et
- durant la sous-étape de sélection, la position angulaire finale est sélectionnée parmi les positions angulaires de la cartographie d'interférence en fonction de leurs valeurs

de paramètre d'interférence.

- [0027] Comme indiqué ci-avant, le procédé de pilotage automatique sélectionne durant la sous-étape de sélection une position angulaire finale sur la base d'un paramètre d'interférence qui est représentatif d'un niveau de risque d'interférence/de collision entre la flèche de la grue et un obstacle. Pour cela, il s'appuie sur une cartographie d'interférence pour laquelle à chaque position angulaire de l'aire circulaire de travail est associé une valeur de ce paramètre d'interférence tel que plus cette valeur est petite, plus le niveau de risque d'interférence entre la flèche et un obstacle est faible ; plus cette valeur est élevée, plus le niveau de risque d'interférence est fort.
- [0028] Selon un mode de réalisation de l'invention, dans la cartographie d'interférence, les valeurs de paramètre d'interférence associées à chacune des positions angulaires de la cartographie d'interférence sont soit figées, soit évolutives dans le temps.
- [0029] Comme indiqué, deux types de cartographie peuvent être proposées. Dans un premier cas, les valeurs du paramètre d'interférence pour chaque position angulaire sont figées. Il peut être supposé que l'environnement de la grue est maîtrisé des opérateurs, avec une connaissance précise de la ou des plusieurs zone(s) d'interférence en présence et du niveau de risque d'interférence pouvant leur être associé.
- [0030] Dans un second cas, les valeurs du paramètre d'interférence de chacune des positions angulaires sont évolutives dans le temps et durant les diverses actions possiblement exécutées par la grue. Ainsi, le procédé de pilotage automatique peut, au fil des détections de risque de collision entre la flèche et un ou plusieurs obstacles, lorsque celle-ci est positionnée dans une position angulaire ou lorsqu'il l'oriente, découvrir et mémoriser en temps réel de nouvelles zones d'interférence, réévaluer le niveau de risque d'interférence des zones d'interférence déjà connues (risque d'interférence réel plus élevé que le risque d'interférence estimé par l'opérateur), pour ensuite s'y adapter et optimiser les futurs mouvements d'orientation de la grue qui permettront de réduire voire supprimer les risques d'interférence.
- [0031] Selon une caractéristique de l'invention, la cartographie d'interférence est construite par la mise en œuvre des étapes suivantes :
- une étape initiale de segmentation durant laquelle l'aire circulaire de travail est segmentée en plusieurs secteurs angulaires, chacun des secteurs angulaires pouvant comprendre une ou plusieurs positions angulaires ;
  - une étape initiale de paramétrage durant laquelle chacun des plusieurs secteurs angulaires est associé à un compteur d'interférence représentatif d'un niveau de risque d'interférence dans le secteur angulaire associé entre la flèche et un éventuel obstacle, ledit compteur d'interférence constituant ainsi le paramètre d'interférence, et la valeur du paramètre d'interférence de l'une ou plusieurs positions angulaires comprises dans un secteur angulaire prenant la valeur du compteur d'interférence associé audit secteur

angulaire ;

- lorsque les valeurs de paramètre d'interférence ont été prévues pour évoluer dans le temps, une étape de construction durant laquelle, la grue étant soit dans un état de travail soit dans un état de pilotage automatisé, que la flèche soit en mouvement ou non, et à chaque fois que la flèche est présente dans une position angulaire d'un secteur angulaire parmi les plusieurs secteurs angulaires, et que l'au moins un système anti-collision détecte un risque de collision dans ledit secteur angulaire, alors la valeur du compteur d'interférence dans ledit secteur angulaire, et conséquemment la valeur du paramètre d'interférence de l'une ou plusieurs positions angulaires comprises à l'intérieur de celui-ci, est incrémentée.

[0032] La construction de la cartographie repose tout d'abord sur une étape initiale de segmentation durant laquelle l'aire circulaire de travail est segmentée en plusieurs secteurs angulaires qui peuvent contenir, selon des modes de définition et de réalisation différentes de la cartographie, une et/ou plusieurs positions angulaires chacun. Chacun des secteurs angulaires se voit ensuite défini, au cours d'une étape initiale de paramétrage, par un compteur d'interférence représentatif d'un niveau de risque d'interférence entre la flèche et un obstacle dans ce secteur angulaire. Ce compteur angulaire correspond donc au paramètre d'interférence susmentionné. Ainsi, la valeur du paramètre d'interférence de la ou les plusieurs positions angulaires contenues dans un secteur angulaire prennent la valeur du compteur d'interférence dudit secteur angulaire.

[0033] Les deux étapes initiales décrites sont suffisantes pour constituer une cartographie pour lesquelles les valeurs du paramètre d'interférence sont figées.

[0034] Dans le cas où les valeurs du paramètre d'interférence de chacune des positions angulaires évoluent en temps réel et durant les diverses actions possiblement exécutées par la grue, une troisième étape dite étape de construction est mise en œuvre : quel que soit l'état de la grue, lorsque la flèche est positionnée dans une position angulaire d'un secteur angulaire et que l'au moins un système anticollision détecte un risque de collision dans ce secteur angulaire, alors la valeur du compteur d'interférence, et conséquemment la valeur du paramètre d'interférence de l'une ou plusieurs positions angulaires comprises à l'intérieur de celui-ci. Plus précisément, cela signifie que lorsque la flèche est orientée suite à une détection de collision, les valeurs des compteurs d'interférence des secteurs angulaires qu'elle traverse, du secteur angulaire de départ où elle était positionnée jusqu'au secteur angulaire contenant la première position angulaire exclu, sont incrémentées.

[0035] Selon une caractéristique de l'invention, durant la sous-étape de sélection, le secteur angulaire contenant la position angulaire finale, appelé secteur angulaire final, est sélectionné parmi des secteurs angulaires, dits secteurs angulaires proches, qui incluent :

le secteur angulaire contenant la position angulaire de précaution, appelé secteur angulaire de précaution, et des secteurs angulaires qui sont répartis sur une distance angulaire limite donnée depuis ledit secteur angulaire de précaution.

- [0036] Selon une caractéristique de l'invention, la distance angulaire limite est inférieure ou égale à 360 degrés, et par exemple inférieure ou égale à 180 degrés.
- [0037] Autrement dit, la position angulaire finale est considérée comme étant contenue dans un secteur angulaire dit secteur angulaire final. Le procédé de pilotage automatique, lors de la sous-étape de sélection, va choisir un secteur angulaire final où achever le mouvement d'orientation de la grue parmi plusieurs secteurs angulaires, dits secteurs angulaires proches, compris dans une distance angulaire limite donnée depuis et comprenant le secteur angulaire de précaution.
- [0038] La valeur de la distance angulaire limite est inférieure ou égale à 360 degrés, autorisant ainsi au maximum un tour complet ou quasi complet. En variante, la valeur de la distance angulaire limite est inférieure ou égale à 180 degrés, autorisant ainsi au maximum un demi-tour.
- [0039] Dans une variante de réalisation du procédé de pilotage automatique, cette valeur de la distance angulaire limite peut être prédéfinie est fixée. Dans une autre variante de réalisation, cette valeur peut être donnée par l'opérateur dans la plage de valeur précisée au cours par exemple d'une étape préalable de paramétrage du procédé automatique (pouvant correspondre à l'étape initiale de paramétrage de la cartographie).
- [0040] Selon une caractéristique de l'invention, durant la sous-étape de sélection, les valeurs des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches sont comparées à une valeur minimale et le ou les secteurs angulaires proches ayant une valeur de compteur d'interférence inférieure ou égale à ladite valeur minimale est ou sont dits secteurs angulaires proches sécurisés, et le secteur angulaire final est sélectionné parmi ledit ou lesdits secteurs angulaires proches sécurisés.
- [0041] Autrement dit, en lien avec le point précédent, la distance angulaire limite comprend plusieurs secteurs angulaires, dit secteurs angulaires proches, qui sont tous des secteurs angulaires finaux potentiels dans lesquels le procédé de pilotage automatique peut stopper le mouvement d'orientation et positionner la flèche. Durant l'étape de sous-sélection, le procédé de pilotage automatique procède à un premier tri des candidats potentiels en comparant la valeur de leur compteur d'interférence à une valeur minimale de compteur d'interférence, qui établit un seuil bas pour lequel est estimé que le risque d'interférence est peu important. Sont sélectionnés comme candidats prometteurs les secteurs angulaires proches dont la valeur de compteur d'interférence est inférieure ou égale à cette valeur minimale, ces secteurs angulaires proches étant alors appelés secteurs angulaires proches sécurisés.
- [0042] Selon une caractéristique de l'invention, durant la sous-étape de sélection, la valeur

minimale correspond à la plus faible valeur des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches, ou à la plus faible valeur des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches incrémentée d'une valeur d'incrémentation paramétrable.

- [0043] La valeur minimale servant de premier critère de sélection peut correspondre soit à la plus faible valeur des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches ; soit la plus faible valeur des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches incrémentée d'une valeur d'incrémentation paramétrable, cette valeur d'incrémentation pouvant par exemple correspondre à une ou deux unités d'incrémentations.
- [0044] Dans le premier cas sont uniquement considérés comme secteurs angulaires proches sécurisés les secteurs angulaires proches ayant la plus faible valeur de compteur d'interférence, c'est-à-dire pour lesquels le risque d'interférence est le plus faible.
- [0045] Toutefois, et selon le contexte applicatif, cette valeur peut être relativement restrictive. Par exemple, le ou les secteurs angulaires proches ayant la plus faible valeur de compteur d'interférence peuvent potentiellement être relativement éloignés du secteur angulaire de précaution, alors que des secteurs angulaires proches qui sont bien plus proches du secteur angulaire de précaution peuvent posséder une valeur de compteur d'interférence certes supérieure à la plus faible valeur de compteur d'interférence, mais pour laquelle le risque d'interférence reste peu élevé. Or, il est possible que ces secteurs soient plus intéressants pour le positionnement de la flèche, parce que se trouvant près des secteurs où a eu lieu la détection ; il peut être supposé que la grue était en train de travailler dans son secteur angulaire de départ, et qu'il est nécessaire qu'elle y retourne dans ce secteur.
- [0046] Le second cas de figure a pour but de répondre à cet inconvénient en offrant un meilleur compromis entre un positionnement de la flèche dans un secteur sécurisé suite une détection de risque de collision et la maîtrise du contexte applicatif (dans l'exemple donné ci-dessus, éviter des pertes de temps inutiles en permettant à la grue de pouvoir retourner le plus rapidement possible dans le secteur angulaire où elle travaillait).
- [0047] Selon une caractéristique de l'invention, durant la sous-étape de sélection, le secteur angulaire final est sélectionné comme étant un secteur angulaire proche sécurisé, parmi les secteurs angulaires proches sécurisés, et qui est :
- soit celui qui est le plus proche angulairement du secteur angulaire de précaution ;
  - soit celui qui, d'une part, a une valeur du compteur d'interférence qui est équivalente à la plus faible valeur des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches et, d'autre part, est le plus proche angulairement du secteur angulaire de précaution.
- [0048] En lien avec le point précédent, suite à l'application du premier critère de sélection ayant permis de dégager sur la distance angulaire limite des secteurs angulaires

proches sécurisés, le deuxième et dernier critère appliqué afin de déterminer le secteur angulaire final est de choisir le secteur angulaire proche sécurisé qui :

- dans le premier cas de figure, présente la plus faible valeur de compteur d'interférence et soit le plus proche angulairement du secteur angulaire de précaution ;
- dans le second cas de figure, qui présente une valeur de compteur d'interférence qui soit inférieure à la valeur minimale définie (sans pour autant correspondre à la plus petite valeur de compteur d'interférence), et qui soit angulairement proche du secteur angulaire de précaution.

[0049] Dans les deux cas, il est possible, suivant les valeurs de compteurs d'interférence, que le secteur angulaire final choisi soit le secteur angulaire de précaution. A ce moment-là, cela signifie que l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche s'achève lorsque le procédé de pilotage automatique oriente la flèche dans le secteur angulaire de précaution. Si non, le procédé de pilotage automatique doit orienter la flèche encore sur une certaine distance angulaire séparant le secteur angulaire de précaution du secteur angulaire final déterminé.

[0050] Selon une caractéristique de l'invention, durant la sous-étape de sélection, les valeurs des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches sont comparées à une valeur maximale et le ou les secteurs angulaires proches ayant une valeur de compteur d'interférence supérieure ou égale à ladite valeur maximale est ou sont dits secteurs angulaires proches risqués,

et dans lequel le secteur angulaire final est sélectionné parmi les secteurs angulaires proches s'étendant dans un intervalle angulaire sécurisé délimité, d'une part, par le secteur angulaire de précaution inclus et, d'autre part, par le secteur angulaire proche risqué ou par le premier des secteurs angulaires proches risqués en partant du secteur angulaire de précaution exclu ;

de sorte que, lors de l'étape d'orientation automatique de la flèche, la flèche n'atteint pas et ne dépasse pas ledit secteur angulaire proche risqué ou ledit premier des secteurs angulaires proches risqués en partant du secteur angulaire de précaution.

[0051] Selon une caractéristique de l'invention, durant la sous-étape de sélection, le secteur angulaire final est sélectionné comme le secteur angulaire proche ayant la plus faible valeur du compteur d'interférence dans l'intervalle angulaire sécurisé, indépendamment des valeurs des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches situés au-delà dudit intervalle angulaire sécurisé.

[0052] Lors de l'application du premier critère de sélection, les valeurs des compteurs d'interférence des secteurs angulaires proches compris dans la distance angulaire limite sont également comparés à une valeur maximale correspondant à une valeur de seuil pour laquelle le risque d'interférence entre la flèche et un obstacle est très élevé.

[0053] Tout secteur angulaire ayant une valeur de compteur d'interférence supérieure à cette

valeur est considéré comme un secteur angulaire proche risqué. Selon le contexte applicatif, la distance angulaire limite peut comprendre un ou plusieurs secteurs angulaires proches risqués (successifs ou non). L'objectif est que le procédé de pilotage automatique stoppe l'orientation de la flèche avant d'atteindre le premier des uns ou plusieurs secteurs angulaires proches risqués.

- [0054] Si au moins un secteur angulaire proche risqué est identifié, alors le procédé de pilotage automatique va modifier son critère de sélection, en choisissant comme secteur angulaire final le secteur angulaire proche ayant la plus petite valeur de compteur d'interférence parmi le ou les secteurs angulaires proches compris dans un intervalle angulaire sécurisé délimité par le secteur angulaire de précaution et le premier des secteurs angulaires proches risqués pouvant être rencontré dans la direction du mouvement d'orientation (ce secteur angulaire proche risqué étant exclu de l'intervalle angulaire sécurisé). Comme indiqué précédemment, selon les valeurs de compteur d'interférence des secteurs angulaires compris dans l'intervalle angulaire sécurisé, le secteur angulaire final peut correspondre au secteur angulaire de précaution.
- [0055] Selon une caractéristique de l'invention, durant la sous-étape de sélection, la position angulaire finale correspond, dans le secteur angulaire final, à la position angulaire la plus proche spatialement de la position angulaire de précaution incluse.
- [0056] Autrement dit, une fois que le secteur angulaire final est sélectionné/identifié, le procédé de pilotage automatique va choisir comme position angulaire finale où positionner la grue la position angulaire contenue dans le secteur angulaire final qui est la plus proche spatialement de la position angulaire de précaution, c'est-à-dire telle que la distance angulaire entre position angulaire de précaution et cette position angulaire finale soit la plus courte.
- [0057] Selon une caractéristique de l'invention, durant l'étape initiale de segmentation, l'aire circulaire de travail est segmentée en au moins 36 secteurs angulaires.
- [0058] Selon un mode de réalisation de l'invention, durant l'étape initiale de segmentation, l'aire circulaire de travail est segmentée en au moins 120 secteurs angulaires isométriques.
- [0059] Selon un mode de réalisation de l'invention, durant l'étape initiale de paramétrage, la valeur du compteur d'interférence de chacun des plusieurs secteurs angulaires est la plus petite valeur définie dans ledit procédé de pilotage.
- [0060] Il est au moins prévu pour la construction de la cartographie d'interférence que l'aire circulaire de travail, durant l'étape initiale de segmentation, soit segmentée au minimum en 36 secteurs angulaires pouvant être ou non isométriques, c'est à dire contenant ou non le même nombre de position angulaire.
- [0061] Selon différents modes de réalisation de l'invention, une cartographie d'interférence

par défaut est fournie à l'opérateur, pour laquelle l'aire circulaire de travail est segmentée en 120 secteurs angulaires isométriques, c'est-à-dire ayant chacun une distance angulaire de 3 degrés, soit 3 position angulaire. Lesdits modes de réalisation peuvent proposer que cette segmentation soit figée, ou modifiable par l'opérateur.

[0062] Egalement, selon un mode de réalisation donnée, la cartographie d'interférence par défaut propose une affectation des valeurs de compteurs d'interférence telle qu'à l'état initial du fonctionnement de la grue ( $t = 0$ ), la valeur de compteur d'interférence de tous les secteurs angulaires est la plus petite possiblement définissable, signifiant que toutes les secteurs angulaires sont considérés au départ comme dé-risqués.

[0063] L'invention se rapporte également à un système de pilotage automatique pour le pilotage automatique d'une grue dans un état de pilotage automatisé, ladite grue comprenant une flèche et au moins un système anticollision adapté pour détecter un risque de collision sur un côté droit et un côté gauche de la flèche, ladite flèche étant pilotable en orientation autour d'un axe d'orientation et opérant dans une aire circulaire de travail, ledit système de pilotage automatique communiquant/échangeant des informations avec l'au moins un système d'anticollision et pilotant la flèche, et étant conçu pour exécuter, lorsque l'au moins un système anticollision détecte un risque de collision avec un obstacle situé sur le côté droit ou le côté gauche de la flèche quand celle-ci se trouve dans une position angulaire, un procédé de pilotage automatique conforme à la présente invention.

[0064] Autrement dit, le procédé de pilotage automatique présenté dans le cadre de l'invention est implémenté dans puis exécuté par un système de pilotage automatique, ledit système de pilotage automatique contrôlant les mouvements d'orientation de la grue, et étant connecté à l'au moins un système d'anticollision, avec lequel il communique. Ainsi, lorsque l'au moins un système d'anticollision détecte un risque de collision au niveau du côté droit ou du côté gauche de la grue, il transmet cette information au système de pilotage automatique qui va alors appliquer le procédé de pilotage automatique, en mettant en œuvre l'étapes de construction, suivie des étape d'orientation automatique et de sélection.

[0065] L'invention se rapporte également à une grue pilotable automatiquement comprenant une flèche et au moins un système anticollision adapté pour détecter un risque de collision sur un côté droit et un côté gauche de la flèche, ladite flèche étant pilotable en orientation autour d'un axe d'orientation et opérant dans une aire circulaire de travail, ladite grue pilotable automatiquement comprenant en outre un système de pilotage automatique conforme à la présente invention et communiquant/échangeant des informations avec l'au moins un système d'anticollision et avec la flèche pour la piloter en rotation dans l'état de pilotage automatisé.

## Brève description des dessins

- [0066] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, d'un exemple de mise en œuvre non limitatif, faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :
- [0067] [Fig.1] est une vue schématique d'un exemple de grue comprenant un système de commande adapté pour l'implémentation et la mise en œuvre du procédé de pilotage automatique ;
- [0068] [Fig.2] est un logigramme décrivant le principe de fonctionnement du procédé de pilotage automatique dans son mode de réalisation le plus complet, et mis en œuvre lorsque la grue est dans un état de pilotage automatisé ;
- [0069] [Fig.3] est un logigramme décrivant le fonctionnement de l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche dans son mode de réalisation le plus complet ;
- [0070] [Fig.4] illustre schématiquement un contexte d'environnement réel pour lequel une première grue, équipée du procédé de pilotage automatique, voit son aire circulaire de travail recouvrir partiellement celles d'une seconde grue et d'une troisième grue en deux zones d'interférence, les trois grues étant initialement dans des positions angulaires quelconques (Figure 4a) ; et pour lequel dit contexte d'environnement est mis en œuvre l'ensemble des sous-étapes d'orientation comprises dans l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche suite à la détection d'un risque de collision entre la flèche de la première grue et la flèche de la seconde grue du fait d'un mouvement d'orientation de la flèche de la seconde grue (Figure 4b), avec : une première orientation de la flèche de la première grue, dans le sens d'orientation opposé au côté de la flèche où le risque de collision a été détecté, de sa position angulaire de départ vers une première position angulaire où le risque de collision n'est plus détecté (Figure 4c); une seconde orientation optionnelle, dans le même sens d'orientation, depuis la première position angulaire vers la position angulaire de précaution (Figure 4d) ; et enfin une troisième orientation optionnelle, toujours dans le même sens d'orientation, depuis la position angulaire de précaution pour atteindre une position angulaire finale (Figure 4e) ;
- [0071] [Fig.5] illustre schématiquement, lorsque le procédé de pilotage automatique, selon un mode de réalisation, s'appuie sur une cartographie d'interférence pour positionner la flèche de la première grue dans une position angulaire finale : comment, durant une étape initiale de segmentation, l'aire circulaire de travail de la première grue fait l'objet d'une modélisation virtuelle pour laquelle elle est segmentée en une pluralité de secteurs angulaires comprenant chacun au moins une position angulaire (la flèche de la première grue est représentée en surimpression sur cette aire de travail circulaire segmentée) ; un exemple d'illustration de cartographie d'interférence représentative de

l'aire circulaire de travail de la première grue, construite à partir de cette modélisation virtuelle puis durant de l'étape initiale de paramétrage et, optionnellement, durant l'étape de construction.

- [0072] [Fig.6] est équivalente aux situations décrites dans les Figures 4a à 4c, et illustre schématiquement pour chacune des situations (figures du haut) comment est mise à jour, durant l'étape de construction, la cartographie d'interférence représentative de l'aire de travail de la première grue (figures du bas) lorsque ladite cartographie d'interférence est définie/conçue pour évoluer en temps réel suite à la détection d'un risque de collision par l'au moins un système de collision de la première grue et au cours de la mise en œuvre de la première sous-étape d'orientation de la flèche de la première grue ;
- [0073] [Fig.7] est équivalente aux situations décrites dans les Figures 4a à 4c, et illustre schématiquement, en comparaison de la [Fig.6], un mode de réalisation pour lequel la cartographie d'interférence n'est pas prévue pour évoluer en temps réel, la cartographie d'interférence étant renseignée alors par un opérateur au cours de l'étape initiale de paramétrage.
- [0074] [Fig.8] est équivalente à la [Fig.6] ou à la [Fig.7], et vient à la suite de la situation décrite dans la Figure 6c ou 7c, illustrant l'orientation de la flèche de la première grue durant la seconde sous-étape d'orientation depuis la première position angulaire jusqu'à atteindre la position angulaire de précaution se trouvant dans le secteur angulaire de précaution, au-delà de la première position angulaire comprise dans le premier secteur angulaire ;
- [0075] [Fig.9] est équivalente à la [Fig.8], et vient à la suite de la situation décrite dans la [Fig.8], illustrant le démarrage de la sous-étape de sélection comprise dans l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche de la première grue, dont la cartographie d'interférence est montrée sur la figure de droite, pour lequel les secteurs angulaires angulaire compris dans une distance angulaire sont considérés comme étant des secteurs angulaires proches ;
- [0076] [Fig.10] illustre schématiquement la première grue (à gauche) de la [Fig.9] et sa cartographie d'interférence (à droite) associée, durant l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche de la première grue jusqu'à atteindre une position angulaire finale comprise dans un secteur angulaire final. Le secteur angulaire final et la position angulaire finale sont établies durant la sous-étape de sélection, en ayant une valeur minimale et une valeur maximale du compteur d'interférence respectivement égales à 1 et 5 ;
- [0077] [Fig.11] illustre schématiquement la première grue (à gauche) de la [Fig.9] et sa cartographie d'interférence (à droite) associée, durant l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche de la première grue jusqu'à atteindre une position angulaire

finale comprise dans un secteur angulaire final. Le secteur angulaire final et la position angulaire finale sont établies durant la sous-étape de sélection, en ayant une valeur minimale et une valeur maximale du compteur d'interférence respectivement égales à 2 et 5 ;

[0078] [Fig.12] illustre schématiquement la première grue (à gauche) de la [Fig.9] et sa cartographie d'interférence (à droite) associée, durant l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche de la première grue jusqu'à atteindre une position angulaire finale comprise dans un secteur angulaire final. Le secteur angulaire final et la position angulaire finale sont établies durant la sous-étape de sélection, en ayant une valeur minimale et une valeur maximale du compteur d'interférence respectivement égales à 0 et 4 ;

[0079] **[Description détaillée d'un ou plusieurs modes de réalisation de l'invention]**

[0080] Le procédé de pilotage DPA faisant l'objet de l'invention est mis en œuvre en étant implémenté dans un système de pilotage 1c équipant une grue G se trouvant dans un état de pilotage automatisé EA, puis est exécuté par ce même système de pilotage 1c. Selon le mode de réalisation proposé et en référence à [Fig.1], le système de pilotage 1c est intégré au système de contrôle/commande 1 de la grue G, lequel pouvant par exemple être installé dans une cabine de pilotage 14.

[0081] La grue G illustrée est une grue à tour qui comprend un mât 11 monté sur une plateforme 13 pouvant être fixée au sol 10 ou bien être mobile (en étant par exemple placée sur des rails) ; et un ensemble tournant formé par une flèche F et une contre-flèche 12 sensiblement alignées, et éventuellement un porte-flèche 22 (ou poinçon) avec tirants 23 , ledit ensemble tournant étant mis en rotation autour d'un axe d'orientation A, qui est d'extension verticale, au moyen d'une couronne d'orientation 15 accouplée à au moins un moteur d'orientation, faisant que la flèche F balaie une zone circulaire autour de l'axe d'orientation A , cette zone circulaire correspondant à son aire circulaire de travail AT schématisé sur les Figures 4 à 14. Un contrepoids 16 (ou bloc de lest) est positionné sur la contre-flèche 12 pour contrebalancer le poids d'une charge levée par la grue G ainsi que stabiliser cette dernière lors de ses mouvements d'orientation.

[0082] La charge est levée au moyen d'un crochet 20 se trouvant en extrémité d'un moufle 19 qui est déplacé verticalement au moyen d'au moins un câble de levage 18 rattaché à un chariot de distribution 17 mobile en translation sur un chemin de roulement 21 prévu le long de la flèche F.

[0083] Dans ce mode de réalisation, le système de contrôle/commande 1 comprend une unité centrale 1a en liaison avec le système de pilotage 1c ; unité centrale 1a dont le rôle est d'orchestrer/assurer le bon fonctionnement de la grue G et en particulier la mise en œuvre des mouvements des éléments de la grue (orientation de la flèche, op-

tionnellement relevage/abaissement de la flèche) et de la charge (déplacement du chariot de distribution, levage du moufle et de la charge).

- [0084] Le système de contrôle/commande 1 comprend un système anticollision 1b qui reçoit, en provenance d'un ou plusieurs capteurs 24 disposés sur la grue G, et par exemple sur la flèche F (comme par exemple des capteurs radar à ondes millimétriques), des informations de détection de risque de collision entre la flèche F et un obstacle arrivant par son côté droit ou son côté gauche.
- [0085] L'unité centrale 1a communique également avec l'au moins un système anticollision 1b, et reçoit aussi des ordres de commande en provenance d'un pupitre de pilotage 2 utilisé par le grutier afin de pouvoir manœuvrer la grue G.
- [0086] Le procédé de pilotage DPA est appliqué dans le cadre de contextes d'environnement de chantier pour lesquels la flèche F d'une première grue G1, qui est conformée pour mettre en œuvre le procédé de pilotage DPA et qui est en état de pilotage automatisé EA, peut, lorsqu'elle est positionnée dans une position angulaire PA ou en rotation dans son aire circulaire de travail AT, potentiellement entrer en interférence avec différents types d'obstacle, par exemple : la ou les flèches d'autres grues G2 et/ou G3, parce que les aires circulaires de travail AT de la première grue G1 ou de la dite ou des dites autres grues G2, G3 se recouvrent en des zones d'interférence IZ (ce contexte d'environnement de chantier étant montré [Fig.4]) ; des bâtiments tels que leur emplacement sur le chantier peuvent aussi occuper une partie de la superficie de l'aire circulaire de travail AT de la première grue G1.
- [0087] Le procédé de pilotage automatique DPA est réalisable selon plusieurs variantes de réalisation, la variante de réalisation la plus complète étant illustrée dans les [Fig.2] et 3. Le principe de fonctionnement des variantes de réalisation du procédé de pilotage automatique DPA vont être illustrées et expliquées au travers du contexte d'environnement de chantier montré [Fig.4], pour lequel la flèche F de la première grue G1 est positionnée dans une position angulaire PA comprise dans la zone d'interférence IZ qu'elle partage avec une seconde grue G2 qui est en état de travail (Figure 4a). Une troisième grue G3 est également considérée comme étant en état de travail.
- [0088] Le procédé de pilotage automatique DPA met en œuvre, dans toutes ses variantes de réalisation possible, une étape d'orientation automatique et autonome de la flèche EM lorsqu'il réceptionne, en provenance de l'au moins un système anticollision 1b ou de l'unité centrale 1a, lors d'une étape de réception Q1, une information d'une détection d'un risque de collision. Autrement, le procédé de pilotage automatique DPA reste en état d'attente/standby s'il ne reçoit pas une telle information représentative d'une détection d'un risque de collision. Dans l'exemple montré Figure 4b, un risque de collision est détecté entre la flèche F de la première grue G1 et la flèche de la seconde

grue G2 suite à un mouvement d'orientation M2 dans le sens horaire, tel que ledit risque de collision est détecté du côté droit de la flèche F de la première grue G1.

- [0089] Dans sa variante de réalisation la plus simple, l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche EM comprend une première sous-étape d'orientation EM1 consistant en une orientation de la flèche F de la première grue G1, dans le sens d'orientation M opposé au côté de la flèche où a été détecté le risque de collision (c'est-à-dire sens d'orientation M horaire si le risque de collision a été détecté du côté gauche de la flèche F, sens d'orientation M antihoraire s'il a été détecté du côté droit), depuis la position angulaire de départ PS où le risque de collision a été détecté jusqu'à une première position angulaire P1 pour lequel le risque n'est plus détecté (Figure 4c) par le système anticollision 1b.
- [0090] Optionnellement, l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche EM comprend, suite à la première sous-étape d'orientation EM1, une seconde sous-étape d'orientation EM2 durant laquelle le procédé de pilotage automatique DPA poursuit l'orientation automatisée de la flèche F de la première grue G1 selon le sens d'orientation M depuis la première position angulaire P1 sur une distance angulaire dite distance angulaire de précaution DAP. La position angulaire dans laquelle la flèche F de la première grue G1 est positionnée est alors appelée position angulaire de précaution PP localisée à la distance angulaire de précaution DAP depuis ladite première position angulaire P1.
- [0091] Cette seconde sous-étape d'orientation EM2 est mise en œuvre afin que soit laissée une marge de sécurité supplémentaire pour minimiser davantage le risque de collision entre la flèche F de la première grue G1 et l'obstacle détecté (ici la flèche de la seconde grue G2), ou bien encore pour tenir compte par exemple du degré de précision/de la marge d'erreur de l'au moins un système d'anticollision 1b.
- [0092] Optionnellement, l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche EM comprend, suite à la seconde sous-étape d'orientation EM2 (respectivement la première sous-étape d'orientation EM1 si la seconde sous-étape d'orientation EM2 n'est pas implémenté), une troisième sous-étape d'orientation EM3 durant laquelle le procédé de pilotage automatique DPA poursuit l'orientation automatisée de la flèche F de la première grue G1 dans le sens d'orientation M depuis la position angulaire de précaution (respectivement depuis la première position angulaire P1) jusqu'à atteindre une position angulaire finale PF pour laquelle le risque d'interférence IR entre la flèche F et un obstacle est faible, voire inexistant (Figure 4e).
- [0093] La position angulaire finale PF est déterminée par le procédé automatique de pilotage DPA durant une sous-étape de sélection ES se déroulant en amont de la troisième sous-étape d'orientation EM3 et qui sera décrite ultérieurement.
- [0094] La mise en œuvre de la sous-étape de sélection ES et de la troisième sous-étape

d'orientation EM3 repose sur la définition et l'utilisation d'une cartographie d'interférence C représentative de l'aire circulaire de travail AT de la première grue G1 pour laquelle à chaque position angulaire PA est associée une valeur d'un paramètre d'interférence qui correspond au niveau de risque d'interférence IR entre la flèche F de la grue G1 et un obstacle dans ladite position angulaire PA.

- [0095] La cartographie d'interférence C peut être définie et conçue selon deux modes de réalisation : soit les valeurs des paramètres d'interférence des positions angulaires PA sont uniquement renseignées manuellement par un opérateur avant la mise en œuvre effective du procédé de pilotage automatique DPA ; soit les valeurs sont optionnellement renseignées manuellement par un opérateur, mais elles évoluent automatiquement en temps réel au fil du fonctionnement du procédé de pilotage automatique DPA et des risques de collision détectés entre le flèche F de la première grue et un obstacle (plus de précisions sont apportées plus loin).
- [0096] Quel que soit le type de cartographie d'interférence C prévu, il est nécessaire d'implémenter dans le procédé automatique de pilotage automatique DPA deux étapes se déroulant successivement au démarrage de celui-ci : une étape initiale de segmentation ED, et une étape de paramétrage EP.
- [0097] En référence à la [Fig.5], la cartographie d'interférence C est construite sur la base d'un modèle virtuel créé durant une étape initiale de segmentation ED se déroulant suite au démarrage du procédé de pilotage automatique DPA. Lors de cette étape initiale de segmentation ED, le procédé de pilotage automatique DPA met en œuvre une modélisation virtuelle de l'aire circulaire de travail AT de la première grue G1 telle qu'elle soit segmentée en une pluralité de secteurs angulaires SA. Par abus de langage, pour des raisons de clarté, l'aire circulaire de travail réelle et l'aire circulaire de travail modélisée porteront la même référence « AT » dans la présente description.
- [0098] Dans cette modélisation, ne sont pas modélisés les éléments de l'environnement externe à la première grue G1, et en particulier les grues voisines ou autres grues G2, G3, ou tout autre obstacle potentiel tel qu'un bâtiment, ne sont pas représentés et considérées dans la modélisation. Ainsi, les zones d'interférence IZ ne sont pas non plus présentes dans la modélisation de l'aire circulaire de travail AT, et donc dans la cartographie d'interférence C qui en découlera.
- [0099] Par définition, tout secteur angulaire SA comprend au moins une position angulaire PA.
- [0100] Le procédé de pilotage automatique DPA est défini tel qu'il est prévu que le modèle virtuel de l'aire circulaire de travail AT de la première grue G1 soit à minima segmentée en 36 secteurs angulaires SA. Dans une mode de réalisation préférentiel, l'aire circulaire de travail AT est segmentée en 120 secteurs angulaires SA isométriques (c'est-à-dire faisant chacun 3 degrés, soit comprenant 3 positions angulaires

PA).

- [0101] Selon différents modes de réalisation, soit le nombre de secteurs angulaires SA définis dans le modèle virtuel est figé par les concepteurs du procédé de pilotage automatique DPA, soit il peut être paramétré par un opérateur à travers une option proposée par un logiciel accessible depuis le système de contrôle/commande 1 (auquel cas l'opérateur doit valider son paramétrage pour que le procédé de pilotage puisse se poursuivre).
- [0102] Pour des questions de clarté et de compréhension du principe de fonctionnement du procédé de pilotage automatique DPA, l'aire circulaire de travail AT de la première grue G1 est segmentée en 32 secteurs angulaires isométriques dans les Figures 5 à 12.
- [0103] Suite à l'étape initiale de segmentation ED, le procédé de pilotage automatique DPA met en œuvre l'étape initiale de paramétrage EP durant laquelle il construit à partir du modèle virtuel une cartographie d'interférence C, en associant à chacun des secteurs angulaires SA, segmentant l'aire circulaire de travail AT, un compteur d'interférence Cpt pouvant prendre une valeur Cptval représentative d'un niveau de risque d'interférence IR tel que : plus la valeur Cptval est petite, plus le risque d'interférence IR entre la flèche F de la première grue G1 et un obstacle est faible ; et inversement, plus la valeur Cptval du compteur d'interférence Cpt est grande, plus le risque d'interférence IR est élevé. Par corrélation, le paramètre d'interférence d'une position angulaire PA correspond au compteur d'interférence Cpt du secteur angulaire SA, et toute position angulaire PA comprise dans un secteur angulaire SA donné voit sa valeur de paramètre d'interférence être égale à la valeur Cptval du compteur d'interférence Cpt de ce dit secteur angulaire SA.
- [0104] La plage de valeurs pouvant être prises par la valeur Cptval peut être différente selon plusieurs possibilités de réalisation, en fonction du niveau de risque IR que les concepteurs associent à une valeur. Dans le mode de réalisation présenté, le compteur d'interférence Cpt peut prendre au moins six valeurs entières de Cptval allant de 0 à 5, tel que le niveau de risque d'interférence IR est : nul quand la valeur Cptval est égale à 0, très faible quand elle est égale à 1, faible quand elle est égale 2, moyen quand elle est égale à 3, élevé quand elle est égale à 4, et très élevé lorsqu'elle est égale à 5. Un exemple de cartographie d'interférence C est illustré [Fig.5]. Il est envisageable dans d'autres modes de réalisation que la plage des valeurs Cptval soient plus étendue, ou au contraire plus réduite.
- [0105] Par défaut, durant l'étape initiale de paramétrage EP, le procédé de pilotage DPA construit la cartographie d'interférence C telle que le compteur d'interférence Cpt de chacun des secteurs angulaires SA soit égale à la plus faible valeur Cptval.
- [0106] La sous-étape de paramétrage EP peut être réalisée selon deux variantes :
- Dans une première variante, la sous-étape de paramétrage EP peut être entièrement

automatisée. Elle n'est exclusivement et uniquement applicable que dans le cas où il est prévu que la cartographie d'interférence C puisse évoluer automatiquement et en temps réel au fil du fonctionnement du procédé de pilotage automatique DPA et des détections de risque de collision entre la flèche F de la première grue et un obstacle.

- Dans une seconde variante, l'opérateur peut modifier les valeurs Cptval données par défaut par le procédé de pilotage automatique DPA car possédant une connaissance plus ou moins fine du contexte réel de l'aire circulaire AT de la première grue G1, et donc être capable d'associer pour tout ou partie des secteurs angulaires SA représentés dans la cartographie d'interférence C une valeur Cptval adaptée.

[0107] Cette seconde variante de réalisation suppose que l'opérateur valide son propre paramétrage afin que le déroulement du procédé de pilotage automatique DPA puisse se poursuivre. Si elle est optionnelle dans la cadre d'une cartographie d'interférence C prévue comme étant évolutive dans le temps, elle est indispensable dans le cadre d'une cartographie d'interférence C prévue comme figée/non évolutive et uniquement renseignée par l'opérateur avant mise en œuvre effective du procédé automatique de pilotage DPA.

[0108] Le mode de réalisation mettant en œuvre une cartographie évolutive en temps réel (respectivement non évolutive) est illustré [Fig.6] (respectivement [Fig.7]), qui reprend le contexte d'environnement de chantier présenté [Fig.4].

[0109] Par la suite, pour des questions de clarté et de compréhension du principe de fonctionnement du procédé de pilotage DPA lorsqu'est employée la cartographie d'interférence C :

- Dans la représentation schématique du contexte d'environnement, l'aire circulaire de travail AT de la première grue G1 est représentée comme segmentée, avec sa flèche en surimpression ;

- Dans les cartographies d'interférence C, lorsque la valeur Cptval du compteur d'interférence Cpt d'un secteur angulaire SA est égale à 0, la valeur Cptval n'est pas représentée dans ledit secteur angulaire SA.

[0110] En référence à la Figure 6a, la première grue G1 et la seconde grue G2 se trouvent toutes deux dans deux positions angulaires PA telles qu'elles ne sont pas en interférence. La flèche F de la première grue G1 est considérée comme se trouvant dans une position angulaire de départ PS comprise dans un secteur angulaire dit secteur angulaire de départ SD. La cartographie d'interférence C représentative de la première grue G1 est telle que la valeur Cptval du compteur d'interférence Cpt du secteur angulaire de départ SD est égale à 0.

[0111] La mise à jour des valeurs Cptval des compteurs d'interférence Cpt des secteurs angulaires SA est mise en œuvre lors d'une étape de construction EB se déroulant parallèlement à la première sous-étape d'orientation EM1. L'étape de construction EB

démarre suite à la détection d'un risque de collision entre la flèche F de la première grue G1 et la flèche F de la seconde grue G2 qui se déplace selon un mouvement d'orientation M2, avec une incrémentation dans la cartographie d'interférence C la valeur Cptval du compteur d'interférence Cpt du secteur angulaire de départ SD (Figure 6b).

- [0112] En référence à la Figure 6c, suite à la situation de la Figure 6b, la seconde grue G2 poursuit son mouvement d'orientation M2 pendant que la première grue G1 est orientée dans le sens d'orientation M durant la première sous-étape d'orientation EM1 jusqu'à atteindre la première position angulaire P1 pour laquelle le risque de collision avec la flèche F de la seconde grue G2 n'est plus détecté. Le secteur angulaire SA contenant la première position angulaire P1 est appelé premier secteur angulaire S1. L'étape de construction EB se poursuit parallèlement à cette orientation telle que la ou les valeurs Cptval du ou des compteurs d'interférence Cpt du ou des secteur(s) angulaire(s) SA traversé(s) par la flèche F de la première grue G1, et pour lequel/ lesquels le risque de collision a continué à être détecté, est/sont incrémentée(s) dans la cartographie d'interférence C. Cela signifie que la valeur Cptval du compteur d'interférence Cpt du premier secteur angulaire S1, n'est pas incrémentée.
- [0113] La mise à jour de la cartographie d'interférence C est mémorisée par le procédé de pilotage automatique DPA.
- [0114] En référence aux Figures 7a, 7b et 7c, dans la mesure où n'est pas implémentée d'étape de construction EB dans le procédé de pilotage, la cartographie d'interférence C représentative de l'aire circulaire de travail AT de la grue G1 n'évolue pas qu'il y ait ou non détection d'un risque de collision puis mise en œuvre de la sous-étape d'orientation EM1, les valeurs Cptval des compteurs d'interférence Cpt de chacun des secteurs angulaires SA demeurant celles renseignées par l'opérateur durant la sous-étape de paramétrage EP.
- [0115] A noter que selon la situation applicative, la flèche F de la première grue G1 peut être positionnée dans un premier secteur angulaire S1 qui soit compris dans une zone d'interférence avec une autre grue, du moment que le risque de collision n'est plus détecté.
- [0116] En référence à la [Fig.8], qui fait indifféremment suite à la [Fig.6] ou à la [Fig.7], et selon la définition de la seconde sous-étape d'orientation EM2, qui pour rappel est optionnelle, la flèche F de la première grue G1 est déplacée de la première position angulaire P1, comprise dans le premier secteur angulaire S1, jusqu'à la position angulaire de précaution PP. Le secteur angulaire SA comprenant la position angulaire de précaution PP est appelé secteur angulaire de précaution SP.
- [0117] Selon différents modes de réalisation de l'invention, la distance angulaire de précaution DAP peut être soit figée par les concepteurs de l'invention ou être para-

métrable, par exemple au travers d'un paramétrage mis en œuvre par l'opérateur durant l'étape initiale de paramétrage EP. Elle peut par exemple être comprise entre 3 degrés et 10 degrés. Dans un mode de réalisation, la distance angulaire de précaution DAP est comprise entre 3 et 5 degrés, et par exemple égale à 3 degrés.

- [0118] Selon la première position angulaire P1, la distance angulaire définissant le premier secteur angulaire S1, et la valeur de la distance angulaire de précaution DAP, il reste possible qu'après déplacement de la flèche F sur la distance angulaire de précaution DAP, la flèche F soit positionnée sur une position angulaire de précaution PP qui soit elle aussi comprise dans le premier secteur angulaire S1. Dans ce cas, le premier secteur angulaire S1 devient le secteur angulaire de précaution SP. Dans le mode de réalisation préférentiel, pour lequel la distance angulaire de tous les secteurs angulaires est égale à 3 degrés et donc à la distance angulaire de précaution DAP, le secteur angulaire de précaution SP correspond au secteur angulaire SA jouxtant en aval le premier secteur angulaire S1 dans le sens d'orientation M de la flèche F de la première grue G1.
- [0119] En référence aux Figures 9 à 12, et comme indiqué antérieurement, la flèche F de la première grue G1 peut optionnellement être encore orientée dans le sens d'orientation M depuis la position angulaire de précaution PP (ou la première position angulaire P1 si la seconde sous-étape d'orientation EM2 n'est pas implémentée) jusqu'à une position angulaire finale PF. Le secteur angulaire SA comprenant la position angulaire finale est appelée SF. Le secteur angulaire final SF puis la position angulaire finale sont déterminés/identifiés durant la sous-étape de sélection ES.
- [0120] En référence à la [Fig.9], le secteur angulaire final SF est sélectionné parmi plusieurs secteurs angulaires dits secteurs angulaires proches SN, qui sont compris dans une distance angulaire limite DL définie comme étant non nulle et inférieure ou égale à  $360^\circ$  depuis le secteur angulaire de précaution SP inclus. Dans le mode de réalisation présenté, la distance angulaire limite DL est égale à  $180^\circ$ . Cela signifie que, selon le résultat issu de la sous-étape de sélection ES, le secteur angulaire final SF peut correspondre au secteur angulaire de précaution SP (ou au premier secteur angulaire S1 si la seconde sous-étape d'orientation EM2 n'est pas implémentée dans le procédé de pilotage automatique DPA), auquel cas le procédé de pilotage automatique DPA ne procède pas à la troisième sous-étape d'orientation EM3. Conséquemment, cela signifie que la position angulaire finale PF correspond à la position angulaire de précaution PP (ou la première position angulaire P1 si la seconde sous-étape d'orientation EM2 n'est pas implémentée). Le procédé de pilotage automatique DPA vérifie si cette situation est rencontrée lors d'une phase de vérification Q4, se déroulant entre la sous-étape de sélection ES et la troisième étape d'orientation EM3. Par la suite, afin d'expliquer le principe de fonctionnement de la sous-étape de sélection est

considéré que la seconde sous-étape d'orientation EM2 est implémentée.

- [0121] Durant la sous-étape de sélection ES, le procédé de pilotage automatique DPA compare la valeur Cptval du compteur d'interférence Cpt de chacun des secteurs angulaires proches SN avec une valeur minimale val\_min et une valeur maximale val\_max, toutes deux entières et comprises dans l'intervalle de valeurs que peut prendre Cptval. Dans le mode de réalisation présenté, la valeur minimale val\_min et la valeur maximale val\_max sont comprises dans l'intervalle entier [0,5].
- [0122] La valeur val\_min correspond à un seuil pour laquelle tout secteur angulaire proche SN ayant une valeur Cptval de compteur d'interférence inférieure ou égale est considéré comme étant un secteur angulaire proche sécurisé SNS, c'est-à-dire un secteur angulaire proche SN pour lequel le risque d'interférence IR est faible, voire nul.
- [0123] A l'inverse, la valeur val\_max correspond à un seuil pour laquelle tout secteur angulaire proche SN ayant une valeur Cptval de compteur d'interférence égale ou supérieure est considéré comme étant un secteur angulaire proche risqué SR, c'est-à-dire un secteur angulaire proche SN pour lequel le risque d'interférence IR est élevé ou très élevé.
- [0124] Selon différentes variantes de réalisation, soit les valeur minimale val\_min et valeur maximale val\_max ainsi que la distance angulaire limite DL sont figées par les concepteurs, soit elles peuvent être optionnellement définies par l'opérateur durant l'étape initiale de paramétrage EP. Par défaut, selon une première variante de réalisation de l'invention, les valeurs minimale val\_min et maximale val\_max peuvent correspondre respectivement à la plus faible et à la plus élevée des valeurs Cptval que peuvent prendre les compteurs d'interférence Cpt.
- [0125] Dans une seconde variante de réalisation, la valeur minimale val\_min pourrait correspondre à un pourcentage de la différence entre la plus élevée et la plus faible des valeurs Cptval de compteur d'interférence Cpt, la valeur minimale val\_min étant arrondie à l'unité la plus proche si la différence n'est pas une valeur entière. Par exemple, la valeur minimale val\_min est respectivement égale à 2 ou à 3 si la différence entre la plus élevée et la plus faible valeur Cptval est égale à 2,4 ou 2,8. A noter que dans le cas où la différence serait à égale distance de deux unités, la valeur minimale val\_min serait égale à la plus grande des unités. Par exemple, si la différence est égale à 2,5, alors la valeur minimale val\_min est égale à 3. La valeur minimale val\_min et la valeur maximale val\_max peuvent également être modifiées/adaptées automatiquement dans le cas où aucun secteur angulaire proche sécurisé SNS est identifié parmi le ou les plusieurs secteurs angulaires proches SN (voir plus bas)
- [0126] Lorsqu'aucun secteur angulaire proche SN n'est un secteur angulaire proche risqué SR, le secteur angulaire final SF est choisi tel qu'il correspond au premier secteur

angulaire proche sécurisé SNS le plus proche, dans le sens d'orientation M de la flèche F de la première grue G1, du secteur angulaire de précaution SP inclus. La position angulaire finale PF est ensuite identifiée comme la position angulaire ou la première des positions angulaires comprises dans le secteur angulaire final PF dans le sens d'orientation M.

[0127] Dans l'exemple illustré [Fig.10], qui reprend le contexte applicatif donné [Fig.9], et pour lequel la valeur minimale val\_min et la valeur maximale val\_max sont considérées comme étant respectivement égales à 1 et 5, les secteurs angulaires proches sécurisés SNS correspondent aux secteurs angulaires proches SN dont la valeur Cptval de compteur d'interférence est inférieure ou égale à 1, soit ici ceux possédant une valeur Cptval nulle ou égale à 1. Le secteur angulaire de précaution SP ne fait pas partie de ces secteurs angulaires proches sécurisés SNS, car il présente une valeur Cptval égale à 2.

[0128] Par conséquent, le procédé de pilotage automatique poursuit l'orientation de la flèche F de la première grue G1 selon le sens d'orientation M depuis le secteur angulaire de précaution SP (ou depuis le premier secteur angulaire S1) jusqu'à atteindre la position angulaire ou la première des positions angulaires comprises dans le secteur angulaire final SF, qui correspond ici au premier secteur angulaire proche sécurisé SNS ayant une valeur Cptval de compteur d'interférence Cpt nulle dans le sens d'orientation M ; cette position angulaire étant la position angulaire finale PF.

[0129] Dans l'exemple illustré en [Fig.11], pour laquelle le contexte applicatif de la [Fig.9] est repris mais cette fois pour une valeur minimale val\_min et une valeur maximale val\_max égales à 2 et 5 respectivement, les secteurs angulaires proches sécurisés SNS correspondent aux secteurs angulaires proches SN dont la valeur Cptval de compteur d'interférence est inférieure ou égale à 2, soit ici les secteurs angulaires proches SN ayant une valeur Cptval nulle ou égale à 1 ou égale à 2. Dans ce contexte applicatif, le procédé de pilotage automatique DPA ne met pas en œuvre la troisième étape d'orientation EM3, ayant déterminé que le secteur angulaire final SF correspond au secteur angulaire de précaution SP, car il présente une valeur Cptval égale à 2. Conséquemment, la position angulaire finale PF est la position angulaire de précaution PP.

[0130] Dans le cas où la distance angulaire limite DL ne contiendrait aucun secteur angulaire proche sécurisé SNS, le procédé de pilotage automatique DPA peut incrémenter la valeur minimale val\_min jusqu'à identifier un ou plusieurs secteurs angulaires proches sécurisés SNS dans la distance angulaire limite DL.

[0131] En référence à la [Fig.12] pour laquelle est repris le contexte applicatif de la [Fig.9] et pour laquelle la valeur minimale val\_min et la valeur maximale val\_max sont respectivement égales à 0 et 5, lorsque les secteurs angulaires proches SN comprennent un ou plusieurs secteurs angulaires proches risqués SR, le principe de fonctionnement

du procédé de pilotage automatique DPA est défini tel que la flèche F de la première grue G1 ne doit pas traverser selon le sens d'orientation M le secteur angulaire proche risqué SR ou le premier des secteurs angulaires proches risqués SR1 rencontré, même si des secteurs angulaires proches sécurisés SNS sont situés en aval du secteur angulaire proche risqué SR ou du premier des secteurs angulaires proches risqués SR1.

- [0132] Selon le même principe que précédemment, le procédé de pilotage automatique DPA cherche alors à déterminer un secteur angulaire final SF parmi des secteurs angulaires proches sécurisés SNS non plus compris dans la distance angulaire limite DL, mais dans un nouvel intervalle angulaire, dit intervalle angulaire sécurisé DS, incluant le secteur angulaire de précaution SP (ou le premier secteur angulaire S1) et excluant le secteur angulaire proche risqué SR ou le premier des secteurs angulaires proches risqués SR1.
- [0133] Dans le cas où l'intervalle angulaire sécurisé DS ne contiendrait aucun secteur angulaire proche sécurisé SNS, le procédé de pilotage automatique DPA incrémente la valeur minimale val\_min jusqu'à identifier un ou plusieurs secteurs angulaires proches sécurisés SNS dans l'intervalle angulaire sécurisé DS. Cette situation est présentée en [Fig.11], pour laquelle il n'existe aucun secteur angulaire proche sécurisé SNS dans l'intervalle angulaire sécurisé DS tel qu'ayant une valeur Cptval de compteur d'interférence Cpt nulle. Suite à deux incrémentation successives, le procédé de pilotage automatique DPA parvient à identifier un seul secteur angulaire proche sécurisé SNS ayant une valeur Cptval de compteur d'interférence Cpt égale à 2, et qui correspond au secteur angulaire de précaution SP dans l'exemple illustré. Le procédé de pilotage automatique DPA considère alors que le secteur angulaire de précaution SP (respectivement la position angulaire de précaution SP) correspond au secteur angulaire final SF (respectivement la position angulaire finale PF).
- [0134] Au cours des sous-étapes d'orientation EM1, EM2, EM3, le procédé de pilotage automatique DPA vérifie au cours de phases de réception Q2 (avant la seconde sous-étape d'orientation EM2), Q3 (avant la sous-étape de sélection ES) et Q5 (avant la troisième sous-étape d'orientation EM3) s'il a reçu une information représentative d'une détection d'un risque de collision. Si oui, le procédé de pilotage automatique DPA reprend depuis le début et réitère l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche EM.

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé de pilotage automatique (DPA) pour le pilotage automatique d'une grue (G) dans un état de pilotage automatisé (EA), ladite grue (G) comprenant une flèche (F) et au moins un système anticollision (1b) adapté pour détecter un risque de collision sur un côté droit et un côté gauche de la flèche (F), ladite flèche (F) étant pilotable en orientation autour d'un axe d'orientation (A) et opérant dans une aire circulaire de travail (AT), ledit procédé de pilotage automatique (DPA) mettant en œuvre, lorsque l'au moins un système anticollision (1b) détecte un risque de collision avec un obstacle situé sur le côté droit ou le côté gauche de la flèche (F) quand celle-ci se trouve dans une position angulaire de départ (PS), une étape d'orientation automatique et autonome de la flèche (EM) durant laquelle la flèche (F) est orientée depuis cette position angulaire de départ (PS) dans un sens d'orientation (M), qui est opposé au côté droit ou gauche pour lequel est détecté le risque de collision, au moins jusqu'à ce que l'au moins un système anticollision (1b) ne détecte plus le risque de collision.
- [Revendication 2] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 1, dans lequel, durant l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche (EM), la flèche (F) est orientée dans le sens d'orientation (M) jusqu'à atteindre ou dépasser une première position angulaire (P1) correspondant à une position angulaire (PA), partant la position angulaire de départ (PS), à partir de laquelle l'au moins un système anticollision (1b) ne détecte plus de risque de collision.
- [Revendication 3] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 2, dans lequel, durant l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche (EM), la flèche (F) est orientée dans le sens d'orientation (M) jusqu'à atteindre ou dépasser une position angulaire de précaution (PP) localisée à une distance angulaire de précaution (DAP) depuis la première position angulaire (P1).
- [Revendication 4] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 3, dans lequel la distance angulaire de précaution (DAP) est non nulle et paramétrable, et par exemple comprise entre 3 et 10 degrés.
- [Revendication 5] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel durant une sous-étape de sélection (ES) comprise dans l'étape d'orientation automatique et autonome de la flèche (EM), est sélectionnée une position angulaire finale (PF) pour

laquelle un paramètre d'interférence représentatif d'un niveau de risque d'interférence (IR) entre la flèche (F) et un obstacle est faible, et la flèche (F) est orientée dans le sens d'orientation (M) jusqu'à atteindre et se stopper dans ladite position angulaire finale (PF).

[Revendication 6] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 5, dans lequel le procédé de pilotage automatique (DPA) exploite une cartographie d'interférence (C) représentative de l'aire circulaire de travail (AT) et dans laquelle pour chaque position angulaire (PA) est associée une valeur du paramètre d'interférence, et durant la sous-étape de sélection (ES), la position angulaire finale (PF) est sélectionnée parmi les positions angulaires (PA) de la cartographie d'interférence (C) en fonction de leurs valeurs de paramètre d'interférence.

[Revendication 7] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 6, pour lequel, dans la cartographie d'interférence (C), les valeurs de paramètre d'interférence associées à chacune des positions angulaires (PA) de la cartographie d'interférence (C) sont soit figées, soit évolutives dans le temps.

[Revendication 8] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 7, pour lequel la cartographie d'interférence (C) est construite par la mise en œuvre des étapes suivantes :

- une étape initiale de segmentation (ED) durant laquelle l'aire circulaire de travail (AT) est segmentée en plusieurs secteurs angulaires (SA), chacun des secteurs angulaires (SA) pouvant comprendre une ou plusieurs positions angulaires (PA);
- une étape initiale de paramétrage (EP) durant laquelle chacun des secteurs angulaires (SA) est associé à un compteur d'interférence (Cpt) représentatif d'un niveau de risque d'interférence (IR) dans le secteur angulaire (SA) associé entre la flèche (F) et un éventuel obstacle, ledit compteur d'interférence (Cpt) constituant ainsi le paramètre d'interférence, et la valeur du paramètre d'interférence de l'une ou plusieurs positions angulaires (PA) comprises dans un secteur angulaire (SA) prenant la valeur (Cptval) du compteur d'interférence (Cpt) associé audit secteur angulaire (SA) ;
- lorsque les valeurs de paramètre d'interférence ont été prévues pour évoluer dans le temps, une étape de construction (EB) durant laquelle, que la flèche (F) soit en mouvement ou non, et à chaque fois que la flèche (F) est présente dans une position angulaire (PA) d'un secteur

angulaire (SA) parmi les plusieurs secteurs angulaires (SA), et que l'au moins un système anticollision (1b) détecte un risque de collision (1b) dans ledit secteur angulaire (SA), alors la valeur (Cptval) du compteur d'interférence (Cpt) dans ledit secteur angulaire (SA), et consé-  
quemment la valeur du paramètre d'interférence de l'une ou plusieurs positions angulaires (PA) comprises à l'intérieur de celui-ci, est in-  
crémentée.

- [Revendication 9] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon l'une quelconque des revendications 5 à 8 en combinaison avec la revendication 3, dans lequel, durant la sous-étape de sélection (ES), le secteur angulaire (SA) contenant la position angulaire finale (PF), appelé secteur angulaire final (SF), est sélectionné parmi des secteurs angulaires (SA), dits secteurs angulaires proches (SN), qui incluent : le secteur angulaire (SA) contenant la position angulaire de précaution (PP), appelé secteur angulaire de précaution (SP), et des secteurs angulaires (SA) qui sont répartis sur une distance angulaire limite (DL) donnée depuis ledit secteur angulaire de précaution (SP).
- [Revendication 10] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 9, dans lequel la distance angulaire limite (DL) est inférieure ou égale à 360 degrés, et par exemple inférieure ou égale à 180 degrés.
- [Revendication 11] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 9 ou 10, dans lequel, durant la sous-étape de sélection (ES), les valeurs (Cptval) des compteurs d'interférence (Cpt) des secteurs angulaires proches (SN) sont comparées à une valeur minimale (val\_min) et le ou les secteurs angulaires proches (SN) ayant une valeur (Cptval) de compteur d'interférence (Cpt) inférieure ou égale à ladite valeur minimale (val\_min) est ou sont dits secteurs angulaires proches sécurisés (SNS), et le secteur angulaire final (SF) est sélectionné parmi ledit ou lesdits secteurs angulaires proches sécurisés (SNS).
- [Revendication 12] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 11, dans lequel, durant la sous-étape de sélection (ES), la valeur minimale (val\_min) correspond à la plus faible valeur (Cptval) des compteurs d'interférence (Cpt) des secteurs angulaires proches (SN), ou à la plus faible valeur (Cptval) des compteurs d'interférence (Cpt) des secteurs angulaires proches (SN) incrémentée d'une valeur d'incrémentement paramétrable.
- [Revendication 13] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon les revendications 11 et 12, dans lequel, durant la sous-étape de sélection (ES), le secteur

angulaire final (SF) est sélectionné comme étant un secteur angulaire proche sécurisé (SNS), parmi les secteurs angulaires proches sécurisés (SN), et qui est :

- soit celui qui est le plus proche angulairement du secteur angulaire de précaution (SP) ;

- soit celui qui, d'une part, a une valeur (Cptval) du compteur d'interférence (Cpt) qui est équivalente à la plus faible valeur (Cptval) des compteurs d'interférence (Cpt) des secteurs angulaires proches (SN) et, d'autre part, est le plus proche angulairement du secteur angulaire de précaution (SP).

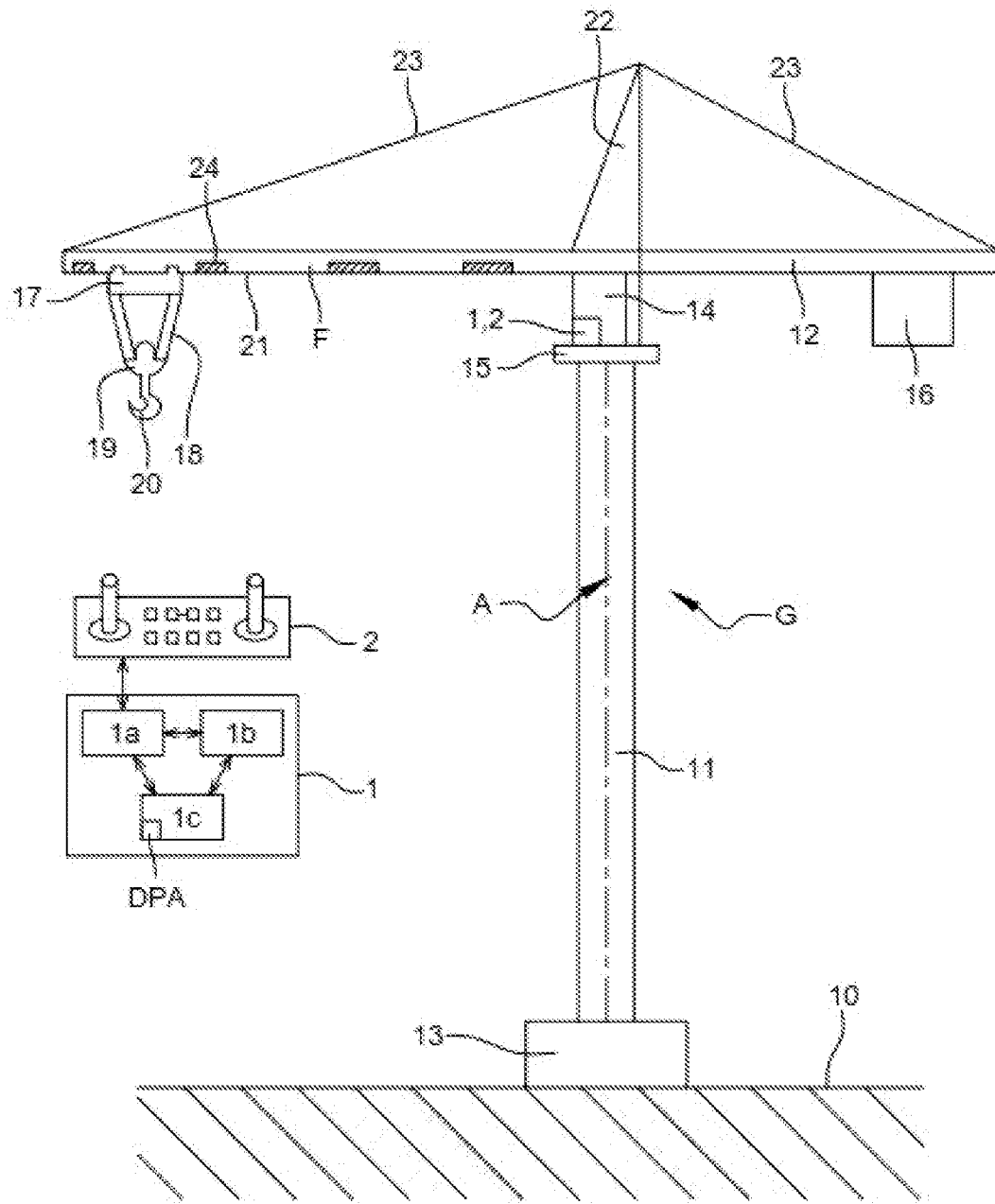
[Revendication 14] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, dans lequel, durant la sous-étape de sélection (ES), les valeurs (Cptval) des compteurs d'interférence (Cpt) des secteurs angulaires proches (SN) sont comparées à une valeur maximale (val\_max) et le ou les secteurs angulaires proches (SN) ayant une valeur (Cptval) de compteur d'interférence (Cpt) supérieure ou égale à ladite valeur maximale (val\_max) est ou sont dits secteurs angulaires proches risqués (SR), et dans lequel le secteur angulaire final (SN) est sélectionné parmi les secteurs angulaires proches (SN) s'étendant dans un intervalle angulaire sécurisé (DS) délimité, d'une part, par le secteur angulaire de précaution (SP) inclus et, d'autre part, par le secteur angulaire proche risqué (SR) ou par le premier des secteurs angulaires proches risqués (SR1) en partant du secteur angulaire de précaution (SP) exclu ; de sorte que, lors de l'étape d'orientation automatique de la flèche (EM), la flèche (F) n'atteint pas et ne dépasse pas ledit secteur angulaire proche risqué (SR) ou ledit premier des secteurs angulaires proches risqués (SR1) en partant du secteur angulaire de précaution (SP).

[Revendication 15] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 14, dans lequel, durant la sous-étape de sélection (ES), le secteur angulaire final (SF) est sélectionné comme le secteur angulaire proche (SN) ayant la plus faible valeur (Cptval) du compteur d'interférence (Cpt) dans l'intervalle angulaire sécurisé (DS), indépendamment des valeurs (Cptval) des compteurs d'interférence (Cpt) des secteurs angulaires proches (SN) situés au-delà dudit intervalle angulaire sécurisé (DS).

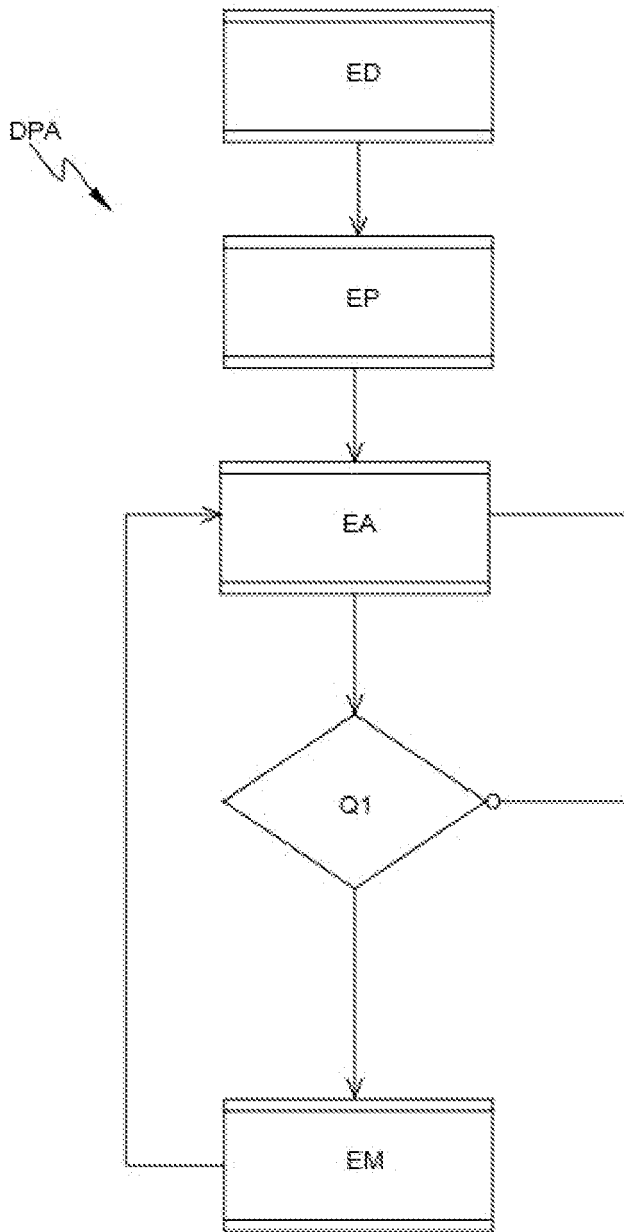
[Revendication 16] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon l'une quelconque des revendications 8 à 15, dans lequel, durant la sous-étape de sélection (ES), la position angulaire finale (PF) correspond, dans le secteur angulaire final (SF), à la position angulaire la plus proche spatialement de la

- position angulaire de précaution (PP) incluse.
- [Revendication 17] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon l'une quelconque des revendications 8 à 16, dans lequel, durant l'étape initiale de segmentation (ED), l'aire circulaire de travail (AT) est segmentée en au moins 36 secteurs angulaires (SA).
- [Revendication 18] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon la revendication 17, dans lequel, durant l'étape initiale de segmentation (ED), l'aire circulaire de travail (AT) est segmentée en au moins 120 secteurs angulaires (SA) isométriques.
- [Revendication 19] Procédé de pilotage automatique (DPA) selon l'une quelconque des revendications 8 à 18, dans lequel, durant l'étape initiale de paramétrage (EP), la valeur (Cptval) du compteur d'interférence (Cpt) de chacun des plusieurs secteurs angulaires (SA) est la plus petite valeur définie dans ledit procédé de pilotage automatique (DPA).
- [Revendication 20] Système de pilotage automatique (1c) pour le pilotage automatique d'une grue (G) dans un état de pilotage automatisé (EA), ladite grue (G) comprenant une flèche (F) et moins un système anticollision (1b) adapté pour détecter un risque de collision sur un côté droit et un côté gauche de la flèche (F), ladite flèche (F) étant pilotable en orientation autour d'un axe d'orientation (A) et opérant dans une aire circulaire de travail (AT), ledit système de pilotage automatique (1c) communiquant/ échangeant des informations avec l'au moins un système d'anticollision (1b) et pilotant la flèche (F), et étant conçu pour exécuter, lorsque l'au moins un système anticollision (1b) détecte un risque de collision avec un obstacle situé sur le côté droit ou le côté gauche de la flèche (F) quand celle-ci se trouve dans une position angulaire (PA), un procédé de pilotage automatique (DPA) conforme à l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 21] Grue (G) pilotable automatiquement comprenant une flèche (F) et au moins un système anticollision (1b) adapté pour détecter un risque de collision sur un côté droit et un côté gauche de la flèche (F), ladite flèche (F) étant pilotable en orientation autour d'un axe d'orientation (A) et opérant dans une aire circulaire de travail (AT), ladite grue (G) pilotable automatiquement comprenant en outre un système de pilotage automatique (1c) conforme à la revendication 20 et communiquant/ échangeant des informations avec l'au moins un système d'anticollision (1b) et avec la flèche (F) pour la piloter en rotation dans l'état de pilotage automatisé (EA).

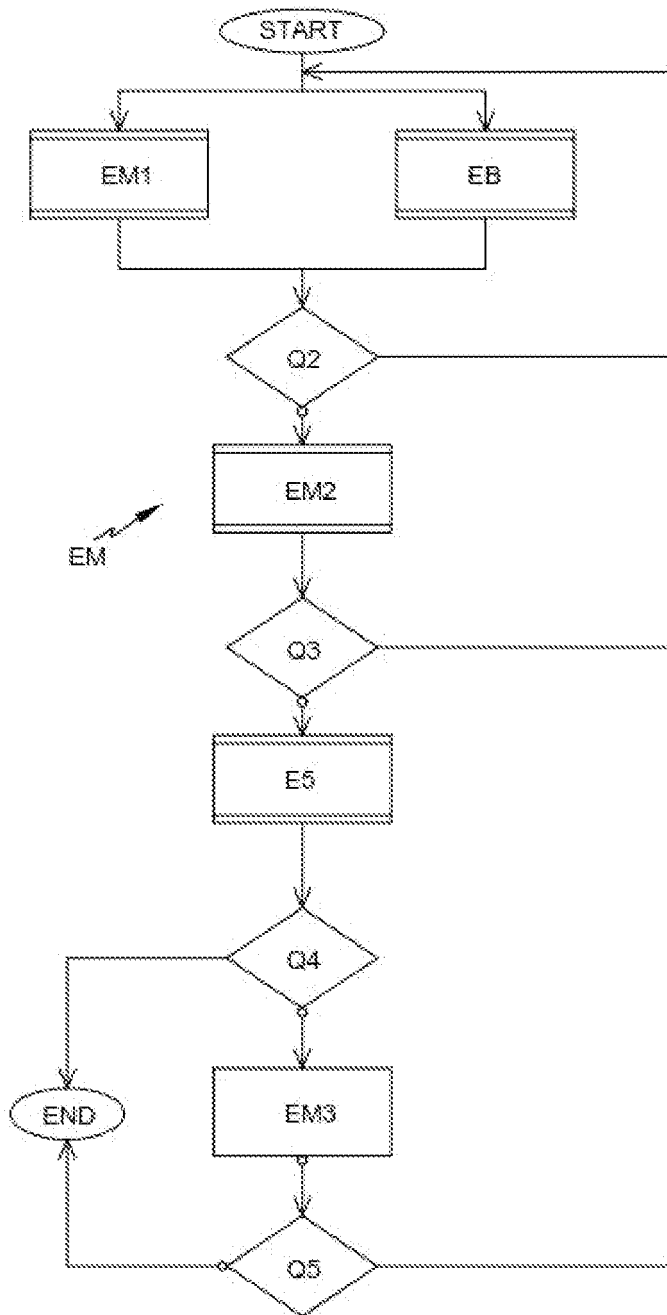
[Fig. 1]



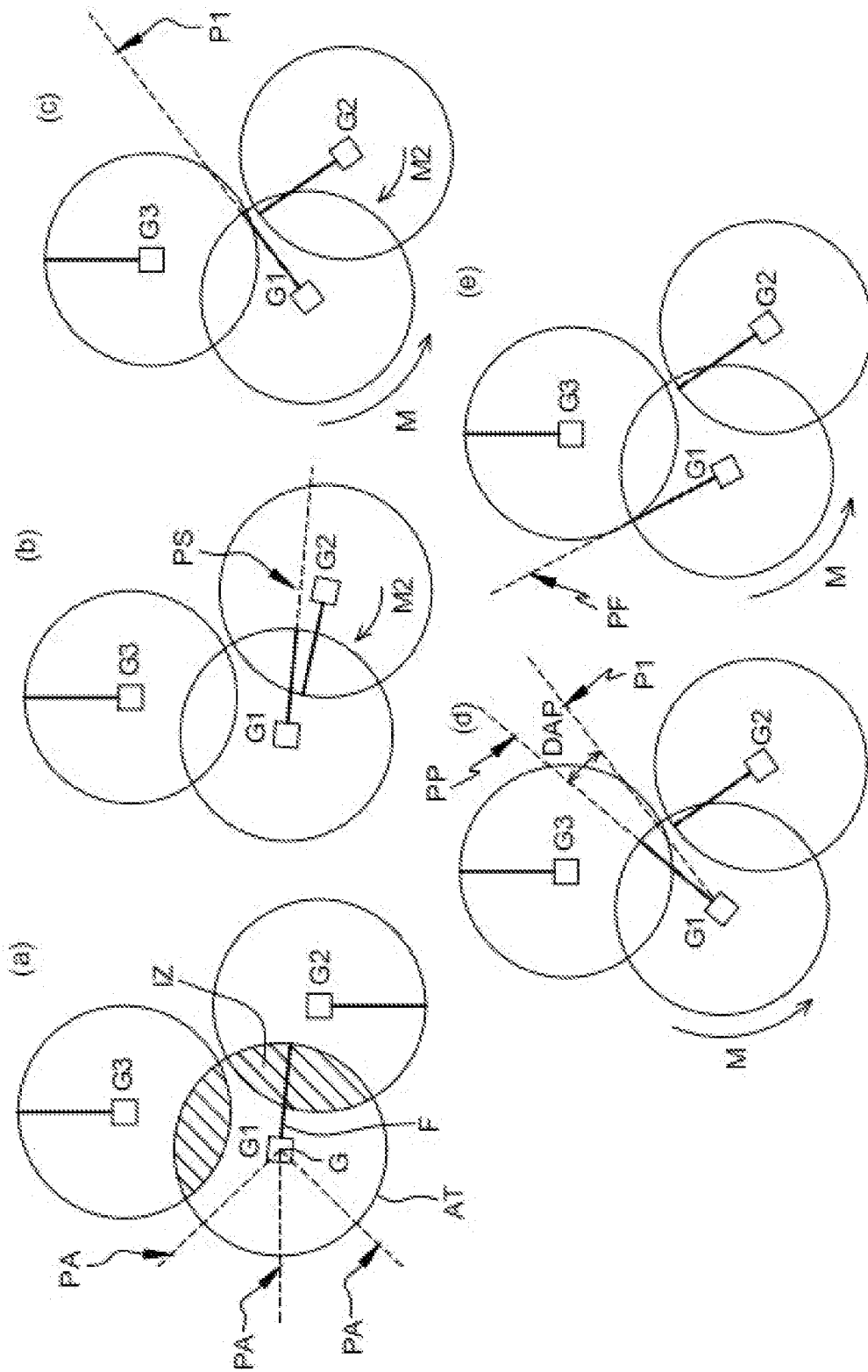
[Fig. 2]



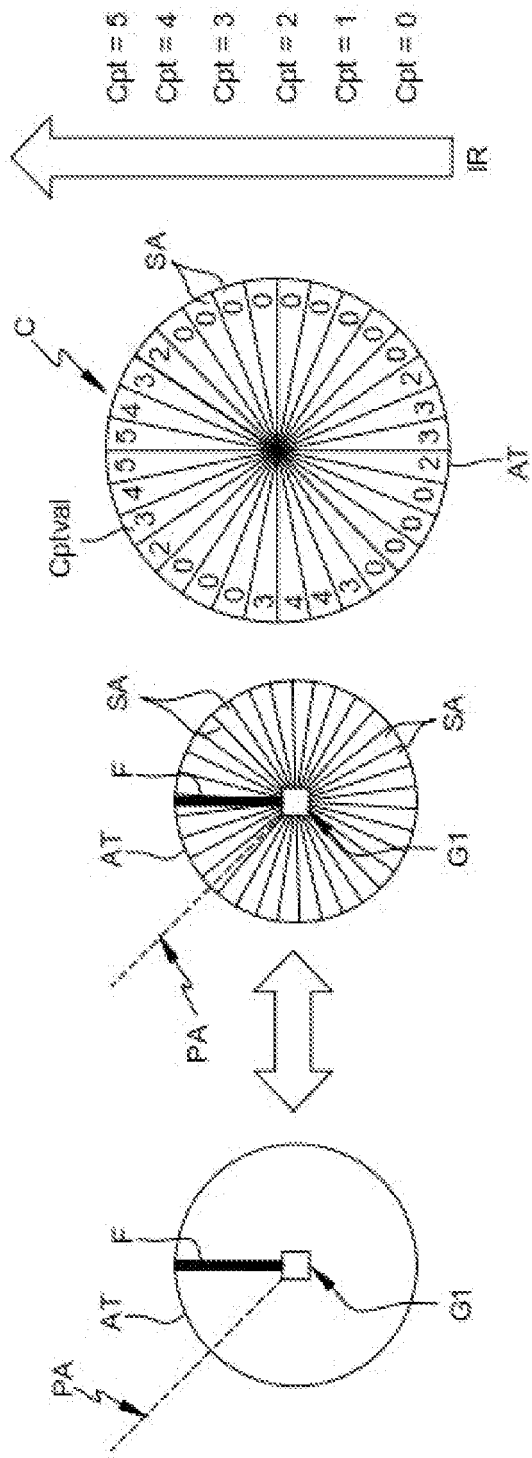
[Fig. 3]



[Fig. 4]

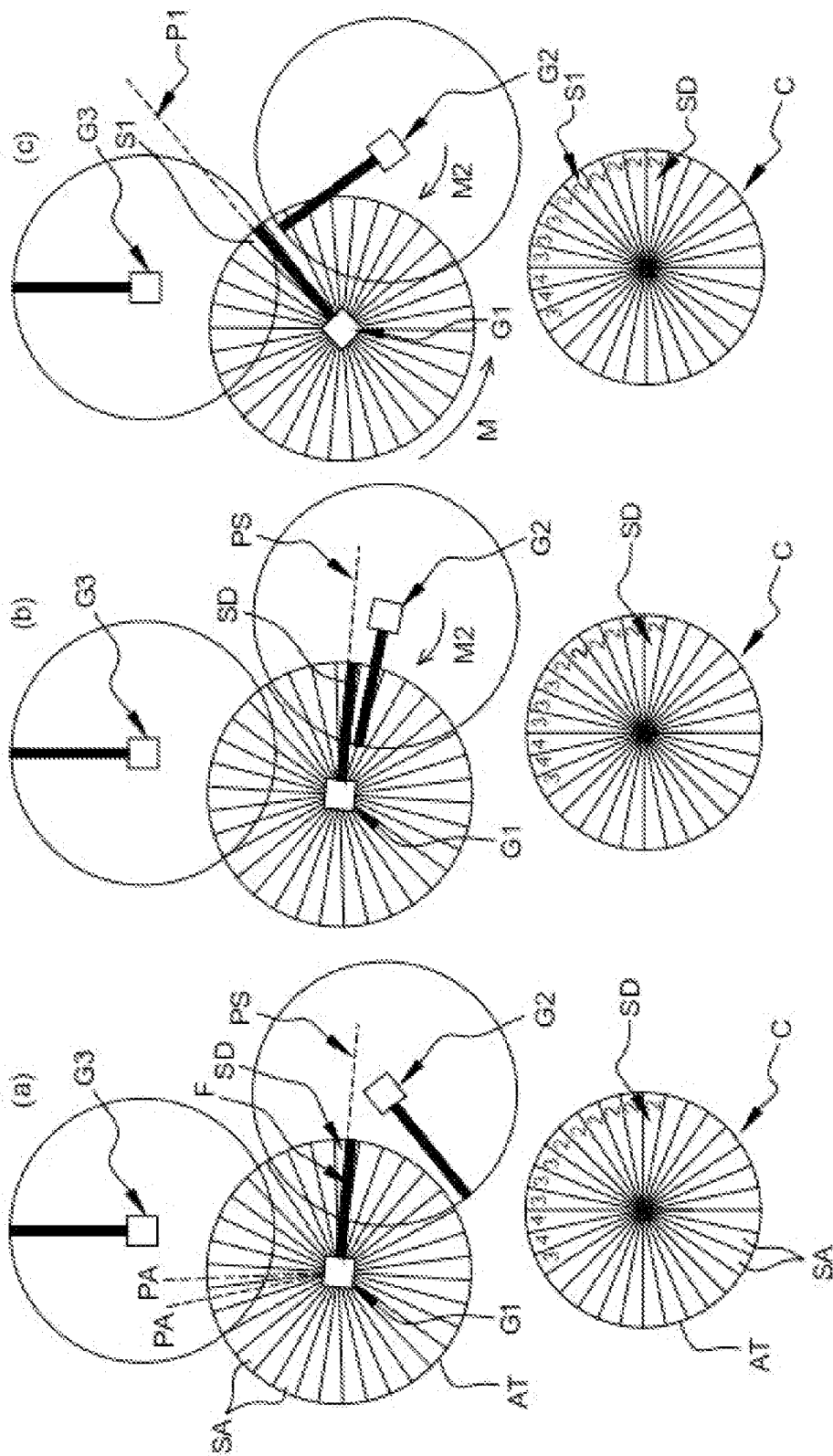


[Fig. 5]

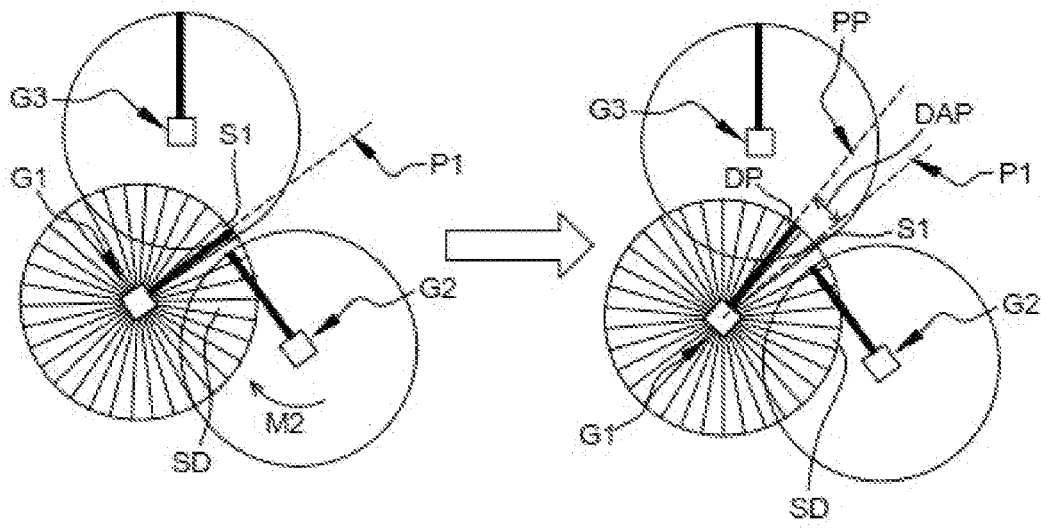




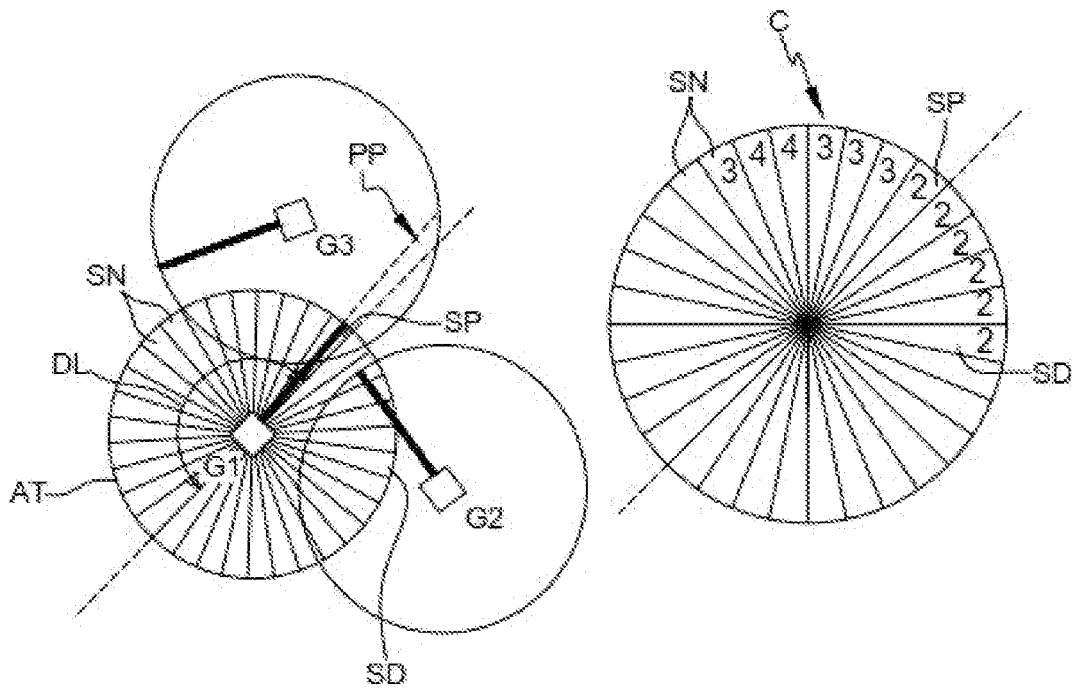
[Fig. 7]



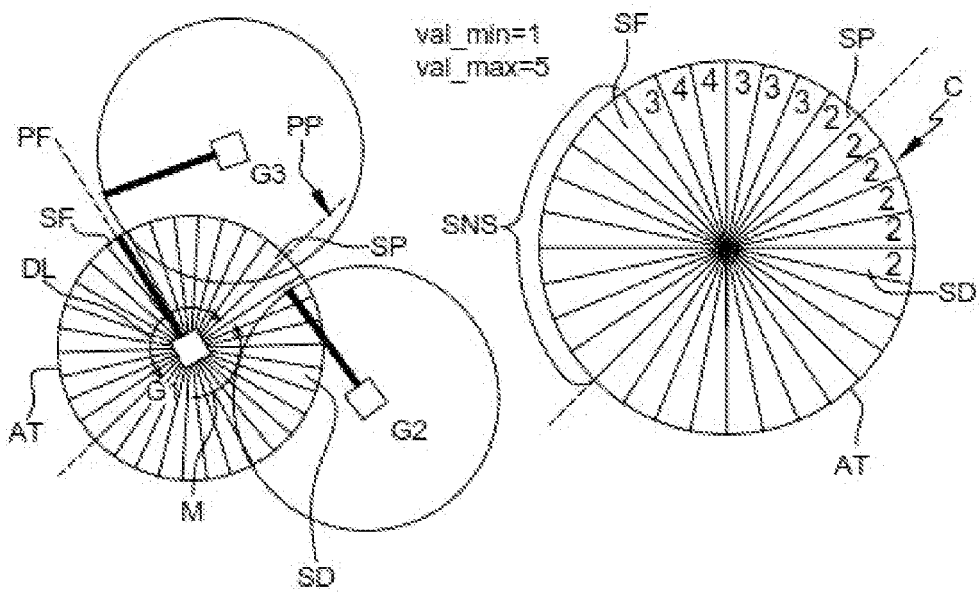
[Fig. 8]



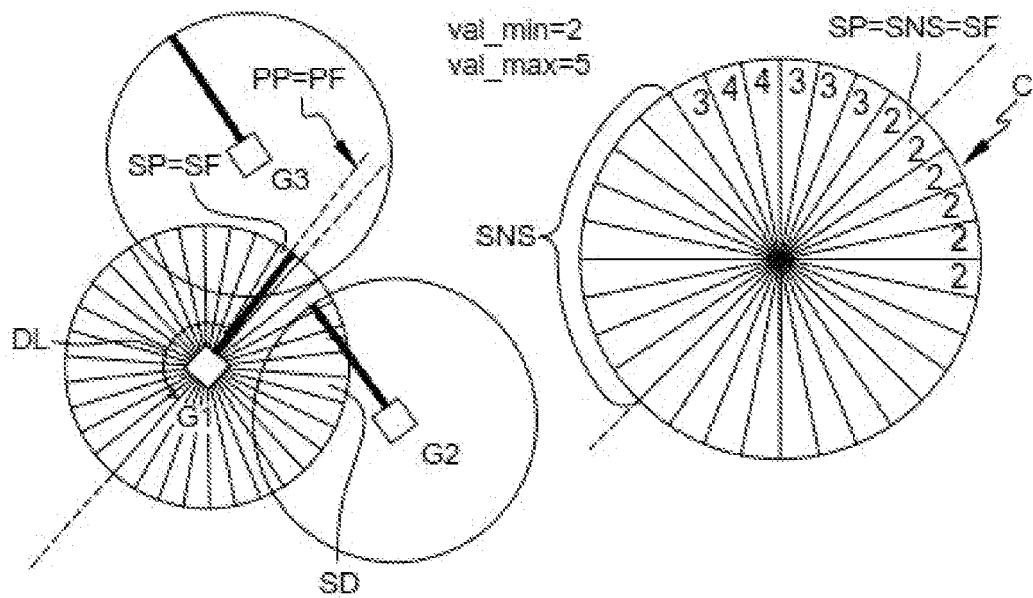
[Fig. 9]



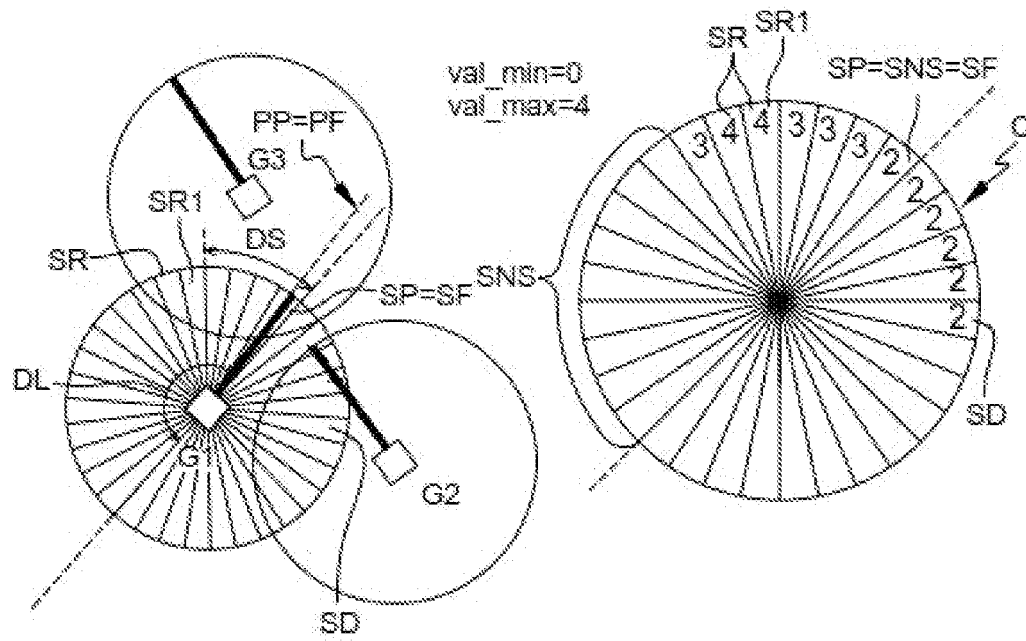
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

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

FR 2 537 119 A1 (CHANTIERS MODERNES SA  
[FR]) 8 juin 1984 (1984-06-08)

EP 3 495 310 A1 (BOUYGUES CONSTRUCTION  
MATERIEL [FR]) 12 juin 2019 (2019-06-12)

FR 3 030 469 A1 (BOUYGUES CONSTRUCTION  
MATERIEL [FR]) 24 juin 2016 (2016-06-24)

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

NEANT