

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 146 573

②1 N° d'enregistrement national : 23 02426

⑤1 Int Cl⁸ : A 01 B 69/04 (2023.01), A 01 B 69/00, 79/00, A 01 D 41/127, B 60 W 30/10, G 05 D 1/02

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 16.03.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.09.24 Bulletin 24/38.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : KUHN SAS Société par Actions Simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : HOELLINGER Marie et LABOUREY Quentin.

⑦3 Titulaire(s) : KUHN SAS Société par Actions Simplifiée.

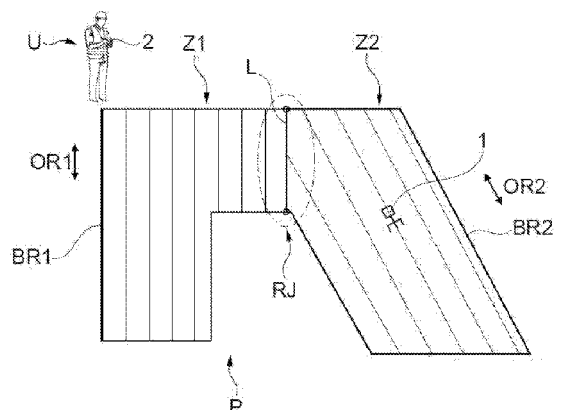
⑦4 Mandataire(s) : CABINET NUSS.

⑤4 Procédé de détermination semi-automatique des trajets d'au moins un robot agricole pour travailler une parcelle.

⑤7 Procédé de détermination semi-automatique des trajets d'au moins un robot agricole pour travailler une parcelle
La présente invention concerne un procédé de détermination semi-automatique des passages et trajets à réaliser par au moins un robot agricole (1) pour travailler en totalité une parcelle (P) donnée.

Ce procédé consiste à calculer les trajets parallèles à une orientation de référence initiale (OR1), à déterminer une ou des zones non optimales (Z2), à définir une autre orientation de référence (ORi) et à calculer des trajets (T2) qui y sont parallèles pour chacune de ces dernières, à répéter ces opérations si nécessaire et à visualiser au moins une proposition de configuration des déplacements projetés pour toute la parcelle.

Figure à publier avec l'abrégé : Fig.1C



FR 3 146 573 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de détermination semi-automatique des trajets d'au moins un robot agricole pour travailler une parcelle

- [0001] La présente invention concerne le domaine du machinisme agricole et plus particulièrement du travail du sol ou des végétaux d'une parcelle agricole par au moins un(e) engin ou machine de travail agricole à fonctionnement autonome, c'est-à-dire pouvant travailler ladite parcelle sans l'assistance d'un opérateur, sauf éventuelle intervention occasionnelle, et préférentiellement sans être sous le contrôle d'une centrale de commande. Un tel engin est couramment dénommé robot agricole et correspond à une machine ou un attelage agricole mobile et motorisé pourvu d'au moins un outil (intégré, porté, semi-porté ou trainé) et comportant des moyens intégrés (de pilotage, de communication, de repérage, ...) le rendant apte à travailler une parcelle de manière autonome, le cas échéant en coopération avec au moins un autre engin effectuant le même type de travail ou non.
- [0002] Dans ce contexte, l'invention a pour objet un procédé de détermination semi-automatique des passages et trajets à réaliser par au moins un robot agricole pour travailler en totalité une parcelle donnée.
- [0003] Un tel robot agricole peut être mis en œuvre seul pour travailler une parcelle ou faire partie d'une flotte d'au moins deux robots affectés à ladite parcelle. Ce robot peut fonctionner de manière totalement indépendante après paramétrage et programmation (avant le début du travail dans le champ, directement par un utilisateur sur place ou à distance par un système central de commande et de gestion). Les robots d'une flotte peuvent ou non communiquer entre eux et être le cas échéant affectés au travail d'une partie prédéterminée de la parcelle.
- [0004] Typiquement, une parcelle agricole est travaillée en faisant des allers-retours à l'intérieur de celle-ci. En robotique agricole, les trajectoires empruntées par les engins sont souvent générées à l'avance, sous forme de trajets ou passages prévus précalculés. Ces trajectoires sont généralement (au moins à l'intérieur de la surface cultivée de la parcelle) des droites parallèles par rapport à un bord de la parcelle, nommé "bord de référence", si possible choisi rectiligne, mais pas nécessairement. Ces droites (trajets ou passages) sont espacées entre elles de la largeur de travail de l'outil ou des outils du robot agricole considéré.
- [0005] Cette solution est simple à mettre en œuvre et bien adaptée pour des parcelles aux formes géométriques basiques (ex : rectangles, carrés, quadrilatères) ou au moins ne comportant pas de bord concave ou non rectiligne. Mais dès lors qu'une parcelle présente une forme plus complexe, intègre un obstacle et/ou comporte un certain relief

ou des zones à risque (ce qui est souvent le cas en situation réelle), alors les trajectoires ne sont pas forcément optimisées (en termes de nombre, de longueur, de sécurité durant le travail, de déplacements non travaillés, ...), si elles sont toutes parallèles à une unique orientation ou direction ou à un seul bord de référence (voir par exemple [Fig.1A]).

- [0006] Par le document US 10 459 447, on connaît un procédé pour la planification de trajectoires de robots agricoles pour la réalisation d'andains consistant à définir une ou plusieurs partitions de la parcelle, à déterminer des jeux de trajectoires d'andains par incrémentation angulaire multiple, à calculer pour chaque jeu la différence de longueur entre la trajectoire la plus longue et la trajectoire la plus courte et à retenir le jeu de trajectoires présentant la différence la plus faible.
- [0007] Par le document EP 2 446 725, on connaît un procédé pour déterminer un trajet planifié pour un véhicule consistant à délimiter une parcelle au moyen de segments linéaires et de nœuds de connexion concaves, identifier les surfaces concaves de cette parcelle, subdiviser la parcelle en secteurs par des lignes en relation avec les nœuds précités, déterminer une direction de référence de trajectoires et définir les trajets de travail dans les secteurs et les trajets d'interconnexion entre secteurs.
- [0008] Ces procédés connus sont systématiquement entièrement automatiques, relèvent d'une méthodologie complexe réalisant en premier lieu une partition de la parcelle concernée, ne peuvent être réalisés au choix et en partie par l'utilisateur et ne prévoient pas une validation, voire un choix, final par ce dernier.
- [0009] La présente invention a pour but de pallier au moins les principaux de ces inconvénients.
- [0010] A cet effet, elle a pour objet un procédé de détermination semi-automatique des passages et trajets à réaliser par au moins un robot agricole pour travailler en totalité une parcelle donnée, ce procédé comprenant les étapes suivantes :
- [0011] -a) définir, automatiquement ou par un utilisateur, une orientation de référence initiale, avantageusement en accord avec un bord de référence de la parcelle considérée,
- [0012] -b) calculer les trajets parallèles à l'orientation de référence initiale, de manière à couvrir toute la parcelle,
- [0013] -c) détecter automatiquement une ou des zone(s) de la parcelle, avec i variant de 2 à n , avec $n \geq 2$, dite(s) zones(s) non optimale(s), dans laquelle ou lesquelles l'évaluation, par rapport à au moins un critère de performance prédéfini en termes de parcours et/ou de travail, des trajets prévus en accord avec l'orientation de référence initiale et de la configuration résultante des déplacements projetés, ne dépasse pas une valeur seuil ou n'atteint pas une valeur optimale respectivement prédéterminée,
- [0014] -d) définir automatiquement au moins une autre orientation de référence pour la ou

chacune desdites zone(s) non optimale(s),

- [0015] -e) calculer pour la ou chacune desdites zone(s) non optimale(s), les trajets parallèles à ladite au moins une autre orientation de référence définie pour la zone non optimale considérée, de manière à couvrir à chaque fois cette zone non optimale en totalité,
- [0016] -f) répéter le cas échéant les étapes d) et e) pour une zone non optimale donnée, en définissant une orientation de référence à chaque fois différente, jusqu'à aboutir à au moins une proposition de trajets pour cette zone non optimale, dont l'évaluation par rapport audit au moins un critère de performance atteint une valeur optimale,
- [0017] -g) visualiser la parcelle avec au moins une proposition de configuration des déplacements projetés pour le ou les robot(s) agricole(s) dans les différentes zones avec des orientations de trajets propres à chacune, ces différentes zones, avec i variant de 1 à n , couvrant ensemble la totalité de la surface de ladite parcelle.
- [0018] L'invention sera mieux comprise grâce à la description ci-après, qui se rapporte à un mode de réalisation préféré, donné à titre d'exemple non limitatif, et expliqué avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :
- [0019] [Fig.1A] est une vue de dessus schématique d'une parcelle pour laquelle les trajets prévus d'un robot agricole ont été déterminés par rapport à un seul bord de référence et selon une unique orientation ;
- [0020] [Fig.1B] et [Fig.1C] sont des vues identiques à la [Fig.1A] de la même parcelle, avec une détermination des trajets en accord avec le procédé selon l'invention et la mise en œuvre de deux bords ou orientations de référence ;
- [0021] [Fig.2],
- [0022] [Fig.3] et
- [0023] [Fig.4] sont des vues schématiques de dessus de deux autres parcelles pour lesquelles les trajets prévus d'un robot agricole ont été déterminés avec le procédé selon l'invention, en relation avec au moins trois bords ou orientations de référence.
- [0024] Les figures 1B, 1C et 2 à 4 illustrent, en accord avec l'invention, l'application à différentes formes géométriques et topographies de parcelles (P) du procédé de détermination semi-automatique des passages et trajets (T) à réaliser par au moins un robot agricole (1) pour travailler en totalité une parcelle (P) donnée.
- [0025] Selon l'invention, ce procédé comprend essentiellement les étapes suivantes :
- [0026] -a) définir, automatiquement ou par un utilisateur (U), une orientation de référence (OR1) initiale, avantageusement en accord avec un bord de référence (BR1) de la parcelle (P) considérée,
- [0027] -b) calculer les trajets (T1) parallèles à l'orientation de référence (OR1) initiale, de manière à couvrir toute la parcelle (P),
- [0028] -c) détecter automatiquement une ou des zone(s) (Zi) de la parcelle (P), avec i variant de 2 à n , avec $n \geq 2$, dite(s) zones(s) (Zi) non optimale(s), dans laquelle ou lesquelles

l'évaluation, par rapport à au moins un critère de performance prédéfini en termes de parcours et/ou de travail, des trajets (T1) prévus en accord avec l'orientation de référence (OR1) initiale et de la configuration résultante des déplacements projetés, ne dépasse pas une valeur seuil ou n'atteint pas une valeur optimale respectivement prédéterminée,

- [0029] -d) définir automatiquement au moins une autre orientation de référence (OR_i) pour la zone (Z2) ou chacune desdites (Z2 à Z_n) zone(s) (Z_i) non optimale(s),
- [0030] -e) calculer pour la ou chacune desdites zone(s) non optimale(s) (Z_i), les trajets (T_i) parallèles à ladite au moins une autre orientation de référence (OR_i) définie pour la zone non optimale (Z_i) considérée, de manière à couvrir à chaque fois cette zone non optimale (Z_i) en totalité,
- [0031] -f) répéter le cas échéant les étapes d) et e) pour une zone non optimale (Z_i) donnée, en définissant une orientation de référence (OR_i) à chaque fois différente, jusqu'à aboutir à au moins une proposition de trajets (T_i) pour cette zone non optimale (Z_i), dont l'évaluation par rapport audit au moins un critère de performance atteint une valeur optimale,
- [0032] -g) visualiser la parcelle (P) avec au moins une proposition de configuration des déplacements projetés pour le ou les robot(s) agricole(s) (1) dans les différentes zones (Z_i) avec des orientations (OR_i) de trajets (T_i) propres à chacune, ces différentes zones (Z_i), avec i variant de 1 à n, couvrant ensemble la totalité de la surface de ladite parcelle (P).
- [0033] Grâce à cette combinaison de caractéristiques particulières, le procédé selon l'invention permet d'aboutir à la détermination d'une configuration optimisée des trajets à effectuer pour travailler la totalité de la parcelle considérée (P), l'orientation initiale (OR1) pouvant être définie, indifféremment, automatiquement par un logiciel adapté (suite notamment à une analyse cartographique ou géométrique de la parcelle ; par exemple : OR1= direction de la droite la plus longue pouvant être tracée dans la parcelle) ou manuellement par l'utilisateur (U). Lors de la définition de cette orientation initiale, les connaissances acquises lors de campagnes de travaux antérieures pourront aussi être prises en compte.
- [0034] En outre, cette approche progressive guidée de la détermination des orientations, puis des trajets de travail, des zones non optimales permet d'explorer et d'évaluer sensiblement toutes les options possibles en termes de propositions de configurations de tracés (bien entendu les trajets T1 sont conservés pour le reste de la parcelle (= parcelle – zones non optimales), à titre de configuration de trajets optimale).
- [0035] Une même orientation (OR_i) peut éventuellement s'appliquer à plusieurs zones constitutives distinctes de la parcelle, non reliées entre elles (voir OR3 appliquée sur Z3 et Z4 dans la [Fig.4]).

- [0036] En accord avec un mode de réalisation préféré, la visualisation de la ou des proposition(s) de configuration des déplacements projetés pour le ou les robot(s) agricole(s) (1) sur la parcelle (P) divisée en n zones (Z_i) est réalisée sur une interface graphique interactive (2) et est caractérisée en ce que la proposition, éventuellement retenue parmi plusieurs après une sélection justifiée, est soumise à une validation par un utilisateur (U) avant sa transmission au(x) robot(s) agricole(s) (1), le cas échéant par l'intermédiaire d'un système de gestion centralisée de ce(s) dernier(s). Ainsi, l'utilisateur reprend le contrôle et décide de la configuration qui sera implémentée, le cas échéant après avoir défini l'orientation initiale (étape a).
- [0037] Avantagement, et notamment lorsqu'elle est effectuée automatiquement, la définition de l'orientation de référence (OR1) initiale s'effectue, après prise en compte de caractéristiques topographiques et géométriques de la parcelle (P), en utilisant au moins un critère d'évaluation choisi parmi les suivants : un nombre donné de trajets (T1) projetés, par exemple un nombre minimum ; un nombre donné de demi-tours, par exemple un nombre minimum ; un trajet (T) ininterrompu bord-à-bord le plus long possible, le cas échéant rectiligne ; au moins un paramètre statistique optimisé sur la population des longueurs des trajets (T1) projetés, par exemple la variance, la moyenne et/ou la médiane ; sachant qu'une pondération des critères peut éventuellement être appliquée lorsqu'au moins deux critères sont utilisés.
- [0038] Préférentiellement, le ou les critère(s) d'évaluation utilisé(s) pour détecter les zones (Z_i) comme n'étant pas susceptible(s) d'être parcourue(s) et/ou travaillée(s) de manière suffisamment performante en relation avec la prévision de trajets (T1) initiale, est(sont) choisi(s) parmi les suivants : la topographie et/ou la géométrie de la parcelle (P) ; une valeur moyenne des longueurs de trajets la plus grande possible ; un nombre de demi-tours le plus faible possible ; au moins un paramètre statistique optimisé sur la population des longueurs des trajets (T1) projetés, par exemple la variance, la moyenne et/ou la médiane, ; une pondération des critères pouvant éventuellement être appliquée lorsqu'au moins deux critères sont utilisés.
- [0039] La pondération utilisée le cas échéant lorsque des critères d'évaluation multiples sont mis en œuvre, permet de prioriser un ou plusieurs de ces derniers considéré(s) comme étant plus important(s) que les autres.
- [0040] Les trajets (T_i) prévus sur deux zones (Z_i) qui se touchent peuvent avoir tendance à se chevaucher et à se croiser mutuellement dans une région de jonction (RJ) entre ces deux zones. Pour éviter ce phénomène perturbateur, il peut être prévu de gérer, automatiquement ou par l'intervention de l'utilisateur, la configuration desdits trajets dans ces régions.
- [0041] Ainsi, et comme le montrent les figures 1C et 2 à 4, le procédé consiste à définir des limites (L) au niveau des régions de jonction (RJ) entre deux zones aboutantes, parmi

les différentes n zones (Z_i) couvrant en totalité la surface de la parcelle (P), en privilégiant comme critère(s) un nombre minimum de trajets (T_i), avec i variant de 1 à n , pour couvrir toute la parcelle (P) et/ou un nombre minimum de demi-tours à l'intérieur de la parcelle (P).

- [0042] Préférentiellement, la définition de chaque limite (L) au niveau de la région de jonction (RJ) entre deux zones (Z_i) aboutantes, avec i variant de 1 à n , est réalisée soit en reliant deux points opposés (P_1, P_2) du bord périphérique entourant la parcelle (P), soit en prolongeant les tracés (T_i) d'une zone (Z_i) depuis le bord périphérique jusqu'à leur intersection avec un autre tracé (T_i) de plus grande longueur d'une autre zone (Z_i), cette définition des limites étant le cas échéant réalisée automatiquement ou manuellement par un utilisateur (U) au moyen d'une interface graphique interactive (2).
- [0043] Une limite (L), qui peut être rectiligne ou non, est par exemple constituée par une portion au moins ou la totalité d'un trajet (T_i) limitrophe, prévu dans l'une des deux zones (Z_i) aboutantes : elle présente alors une existence réelle. Toutefois, une telle limite (L) peut également être de nature virtuelle, définissant un bord virtuel entre deux zones aboutantes ([Fig.4]).
- [0044] Afin de mieux prendre en considération la situation réelle sur le terrain, et en particulier des facteurs perturbant l'homogénéité et la continuité de travail de la parcelle à travailler, il peut être prévu de prendre en compte durant les étapes a), b), d) et e), sur la base de données cartographique augmentées de la parcelle (P) et pour la définition de l'orientation de référence initiale (OR_1), et d'au moins une éventuelle autre orientation de référence (OR_i), ainsi que pour le calcul subséquent des tracés (T_1, T_i) : un ou des obstacle(s) (O) éventuellement présent(s) dans la parcelle (P) et/ou une ou des zones à risques (ZR) éventuellement présente(s) dans la parcelle (P), et/ou le sens de déplacement prévu durant une opération agricole subséquente (voir figures 2, 3 et 4).
- [0045] Un obstacle (O) peut, en fonction de sa géométrie notamment, déterminer lui-même une orientation ou un bord de référence pour le calcul de tracés. De plus, dans le cas d'une zone à risque (ZR), il peut être prévu de déterminer une orientation (ORR) spécifique à cette zone et générant des trajets (TRR) diminuant au minimum le risque encouru ([Fig.4]).
- [0046] A titre complémentaire ou alternatif, et en vue de prendre en compte le relief de la parcelle à travailler, il peut être prévu de prendre en compte des données topographiques tridimensionnelles de la parcelle (P) considérée, à identifier la ou les zone(s) (ZD_j) éventuellement en dévers et dont la pente est supérieure à une valeur seuil prédéterminée et à imposer une orientation de référence (OD_j) pour l'orientation des trajets (TD_j), avec $j \geq 0$, à calculer pour le ou chacun des robot(s) agricole(s) (1) dans la ou chaque zone (ZD_j) précitée (voir [Fig.3]).

- [0047] Afin de guider le choix final de l'utilisateur (U) parmi les propositions soumises et notamment de l'informer des risques liés à la sécurité, il peut être prévu d'informer l'utilisateur (U), le cas échéant, que la ou au moins une des proposition(s) de configuration(s) des déplacements projetés pour le ou les robot(s) agricole(s) (1) est dangereuse du fait d'un dévers ou d'un autre risque identifié, ou n'est pas optimale pour l'opération agricole subséquente.
- [0048] Comme le montre à titre d'exemple la [Fig.3], le procédé peut consister, dans le cas d'au moins une portion (PC) de bord de parcelle (P) non rectiligne, à générer des tracés (TC) parallèles à ladite portion (PC) de bord et définissant une zone (ZC), l'extension de chacun desdits tracés (TC) étant limitée par leur intersection avec le bord de la parcelle (P) et/ou avec un tracé rectiligne (Ti).
- [0049] De manière plus générale, lorsque l'orientation de référence (OR1) et/ou lorsqu'une autre orientation de référence subséquente (ORi) est associée à un bord de référence (BR1, BRi) non rectiligne, les trajets (T1, Ti) calculés suivent le tracé desdits bords de manière parallèle, donc selon un tracé non rectiligne.
- [0050] L'invention a également pour objet un procédé de traitement d'une parcelle (P) par l'intermédiaire d'au moins un robot agricole (1), caractérisé en ce qu'il comprend une phase préliminaire de paramétrage et de programmation comprenant au moins un procédé de détermination semi-automatique des passages et trajets (T) à réaliser, tel que décrit précédemment.
- [0051] Après sa définition automatique ou semi-automatique et la sélection finale faite par l'utilisateur, la proposition de configuration de trajets (Ti) retenue pour être mise en œuvre est envoyée au(x) robot(s) (1) pour que ce(s) dernier(s) effectue(nt) le travail programmé sur la parcelle (P) considérée, les opérations de calcul et la transmission de la configuration étant par exemple réalisées par un système superviseur ou par un terminal mobile à disposition de l'utilisateur.
- [0052] La réalisation concrète du travail de la parcelle pourra ensuite être effectuée par exemple en accord notamment avec les procédés décrits dans les documents FR3119508, FR3114218, FR3114217, FR3119507 et FR3122063 de la demanderesse.
- [0053] A titre d'exemple pratique de déroulement du procédé, on peut envisager le déroulement suivant : l'utilisateur se connecte sur une application « web » via son ordinateur/tablette/smartphone. Il accède ensuite à une liste de parcelles existantes à laquelle il peut ajouter une nouvelle parcelle si besoin. Il récupère (via des données mesurées sur le terrain) ou dessine à la main le contour extérieur de sa parcelle. S'en suit la réalisation des étapes du procédé selon l'invention décrit ci-dessus. Le fruit de ce procédé est un fichier contenant la géométrie (configuration de lignes) générée par l'utilisateur. Ce fichier pourra être distribué au(x) robot(s), qui le mettra/mettront en œuvre via un logiciel de supervision qui générera des ordres de commande pour celui/

ceux-ci.

- [0054] A titre de logiciels existants pouvant être utilisés par l'invention, pour réaliser certaines tâches ou opérations dans le cadre d'une mise en œuvre pratique du procédé décrit ci-dessus, soit directement, soit en adaptant leur mise en œuvre aux besoins de l'invention, on peut citer les logiciels connus permettant d'importer et/ou de dessiner des cartes de parcelles ou de champs à partir d'images satellites, de générer des lignes de guidage parallèles optimisées et de les exporter vers un terminal pour être ensuite utilisées par un tracteur guidé de manière autonome (à titre d'exemples : le logiciel dénommé « Geo-Bird » de la société AGCO ou le logiciel dénommé « FieldPlanner » de la société Lacos Computer Service). Il y a notamment lieu d'adapter ou de mettre en œuvre ces logiciels en relation avec des bords ou directions de référence multiples. On peut également citer les logiciels permettant de générer un ensemble de lignes parallèles selon une ligne de référence (par exemples : fonctions CCI.Command et Parrallel Tracking de Terminal CCI).
- [0055] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté dans les dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de détermination semi-automatique des passages et trajets (T) à réaliser par au moins un robot agricole (1) pour travailler en totalité une parcelle (P) donnée, ce procédé comprenant les étapes suivantes :

-a) définir, automatiquement ou par un utilisateur (U), une orientation de référence (OR1) initiale, avantageusement en accord avec un bord de référence (BR1) de la parcelle (P) considérée,

-b) calculer les trajets (T1) parallèles à l'orientation de référence (OR1) initiale de manière à couvrir toute la parcelle (P),

-c) détecter automatiquement une ou des zone(s) (Zi) de la parcelle (P), avec i variant de 2 à n, avec $n \geq 2$, dite(s) zone(s) (Zi) non optimale(s), dans laquelle ou lesquelles l'évaluation, par rapport à au moins un critère de performance prédéfini en termes de parcours et/ou de travail, des trajets (T1) prévus en accord avec l'orientation de référence (OR1) initiale et de la configuration résultante des déplacements projetés, ne dépasse pas une valeur seuil ou n'atteint pas une valeur optimale respectivement prédéterminée,

-d) définir automatiquement au moins une autre orientation de référence (Ori) pour la zone (Z2) ou chacune des dites (Z2 à Zn) zone(s) (Zi) non optimale(s),

-e) calculer pour la ou chacune des dites zone(s) non optimale(s) (Zi), les trajets (Ti) parallèles à ladite au moins une autre orientation de référence (Ori) définie pour la zone non optimale (Zi) considérée, de manière à couvrir à chaque fois cette zone non optimale (Zi) en totalité,

-f) répéter le cas échéant les étapes d) et e) pour une zone non optimale (Zi) donnée, en définissant une orientation de référence (Ori) à chaque fois différente, jusqu'à aboutir à au moins une proposition de trajets (Ti) pour cette zone non optimale (Zi), dont l'évaluation par rapport audit au moins un critère de performance atteint une valeur optimale,

-g) visualiser la parcelle (P) avec au moins une proposition de configuration des déplacements projetés pour le ou les robot(s) agricole(s) (1) dans les différentes zones (Zi) avec des orientations (Ori) de trajets (Ti) propres à chacune, ces différentes zones (Zi), avec i variant de 1 à n, couvrant ensemble la totalité de la surface de ladite parcelle (P).

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la visualisation de la ou des proposition(s) de configuration des déplacements projetés pour le ou les robot(s) agricole(s) (1) sur la parcelle (P) divisée en n

- zones (Z_i) est réalisée sur une interface graphique interactive (2) et en ce que la proposition, éventuellement retenue parmi plusieurs après une sélection justifiée, est soumise à une validation par un utilisateur (U) avant sa transmission au(x) robot(s) agricole(s) (1), le cas échéant par l'intermédiaire d'un système de gestion centralisée de ce(s) dernier(s).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la définition de l'orientation de référence (OR1) initiale s'effectue, après prise en compte de caractéristiques topographiques et géométriques de la parcelle (P), en utilisant au moins un critère d'évaluation choisi parmi les suivants : un nombre donné de trajets (T1) projetés, par exemple un nombre minimum ; un nombre donné de demi-tours, par exemple un nombre minimum ; un trajet (T) ininterrompu bord à bord le plus long possible, le cas échéant rectiligne ; au moins un paramètre statistique optimisé sur la population des longueurs des trajets (T1) projetés, par exemple la variance, la moyenne et/ou la médiane ; sachant qu'une pondération des critères peut éventuellement être appliquée lorsqu'au moins deux critères sont utilisés.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le ou les critère(s) d'évaluation utilisé(s) pour détecter les zones (Z_i) comme n'étant pas susceptible(s) d'être parcourue(s) et/ou travaillée(s) de manière suffisamment performante en relation avec la prévision de trajets (T1) initiale est(sont) choisi(s) parmi les suivants : la topographie et/ou la géométrie de la parcelle (P) ; une valeur moyenne des longueurs de trajet la plus grande possible ; un nombre de demi-tours le plus faible possible ; au moins un paramètre statistique optimisé sur la population des longueurs des trajets (T1) projetés, par exemple la variance, la moyenne et/ou la médiane ; une pondération des critères pouvant éventuellement être appliquée lorsqu'au moins deux critères sont utilisés.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste à définir des limites (L) au niveau des régions de jonction (RJ) entre deux zones aboutantes, parmi les différentes n zones (Z_i) couvrant en totalité la surface de la parcelle (P), en privilégiant comme critère(s) un nombre minimum de trajets (T_i), avec i variant de 1 à n, pour couvrir toute la parcelle (P) et/ou un nombre minimum de demi-tours à l'intérieur de la parcelle (P).
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la définition de chaque limite (L) au niveau de la région de jonction (RJ) entre deux

zones (Z_i) aboutantes, avec i variant de 1 à n , est réalisée soit en reliant deux points opposés (P_1, P_2) du bord périphérique entourant la parcelle (P), soit en prolongeant les tracés (T_i) d'une zone (Z_i) depuis le bord périphérique jusqu'à leur intersection avec un autre tracé (T_i) de plus grande longueur d'une autre zone (Z_i), cette définition des limites étant le cas échéant réalisée automatiquement ou manuellement par un utilisateur (U) au moyen d'une interface graphique interactive (2).

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il consiste à prendre en compte durant les étapes a), b), d) et e), sur la base de données cartographique augmentées de la parcelle (P) et pour la définition de l'orientation de référence initiale (OR_1), et d'au moins une éventuelle autre orientation de référence (OR_i), ainsi que pour le calcul subséquent des tracés (T_1, T_i) : un ou des obstacle(s) (O) éventuellement présent(s) dans la parcelle (P) et/ou une ou des zones à risques (ZR) éventuellement présente(s) dans la parcelle (P), et/ou le sens de déplacement prévu durant une opération agricole subséquente,.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il consiste à prendre en compte des données topographiques tridimensionnelles de la parcelle (P) considérée, à identifier la ou les zone(s) (ZD_j) éventuellement en dévers et dont la pente est supérieure à une valeur seuil prédéterminée et à imposer une orientation de référence (OD_j) pour l'orientation des trajets (TD_j), avec $j \geq 0$, à calculer pour le ou chacun des robot(s) agricole(s) (1) dans la ou chaque zone (ZD_j) précitée.

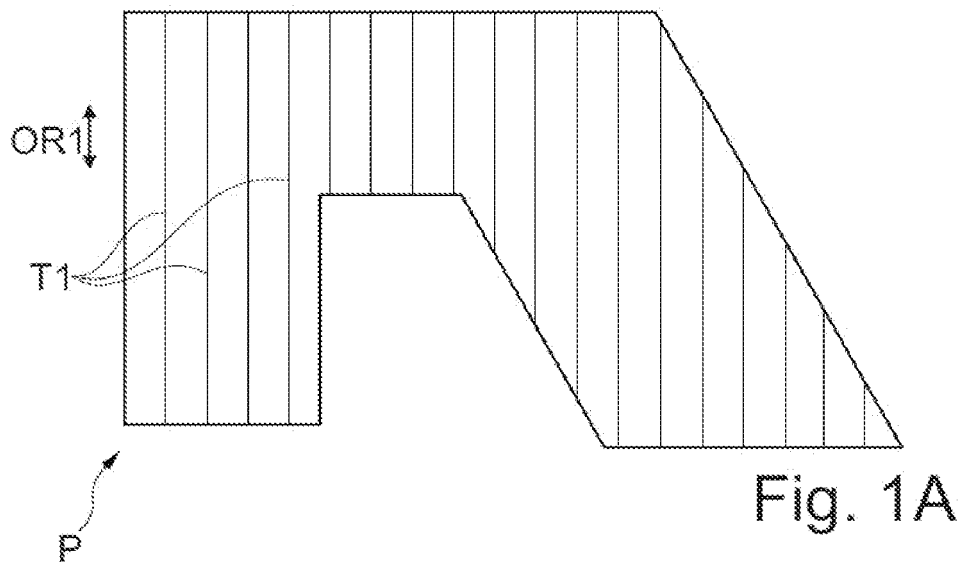
[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il consiste à informer l'utilisateur (U), le cas échéant, que la ou au moins une des proposition(s) de configuration(s) des déplacements projetés pour le ou les robot(s) agricole(s) (1) est dangereuse du fait d'un dévers ou d'un autre risque identifié, ou n'est pas optimale pour l'opération agricole subséquente.

[Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il consiste, dans le cas d'au moins une portion (PC) de bord de parcelle (P) non rectiligne, à générer des tracés (TC) parallèles à la dite portion (PC) de bord et définissant une zone (ZC), l'extension de chacun desdits tracés (TC) étant limitée par leur intersection avec le bord de la parcelle (P) et/ou avec un tracé rectiligne (T_i).

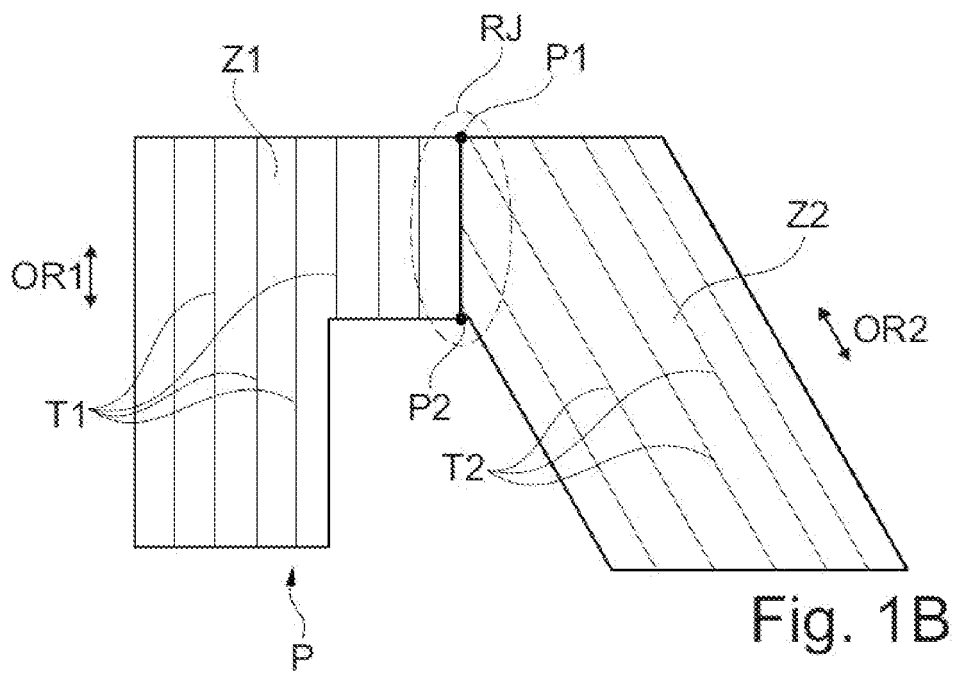
[Revendication 11] Procédé de traitement d'une parcelle (P) par l'intermédiaire d'au moins un robot agricole (1), caractérisé en ce qu'il comprend une phase pré-

liminaire de paramétrage et de programmation comprenant au moins un procédé de détermination semi-automatique des passages et trajets (T) à réaliser selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

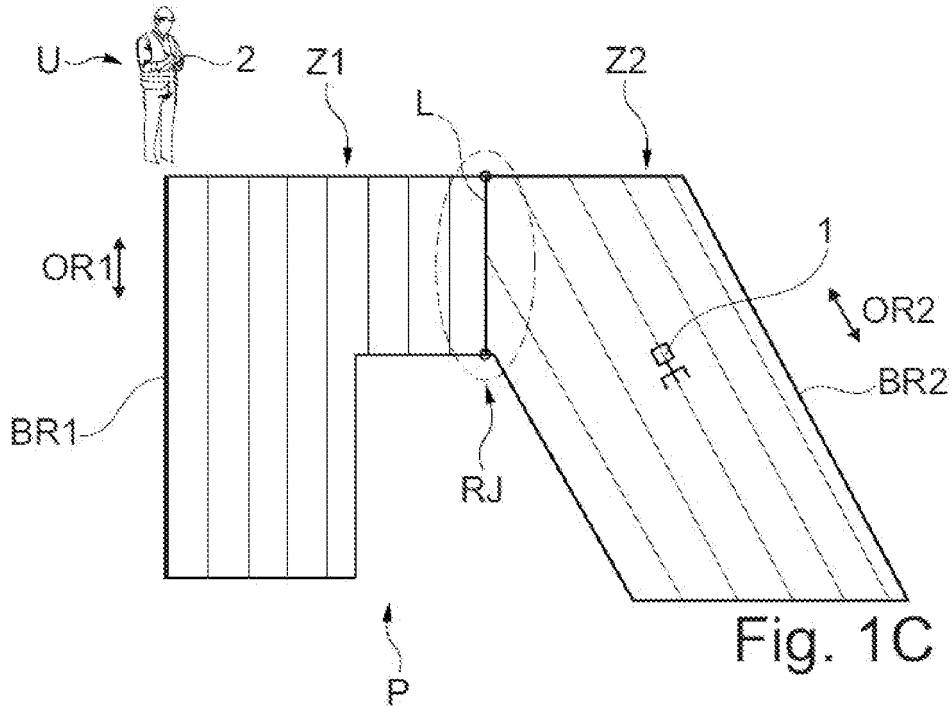
[Fig. 1A]



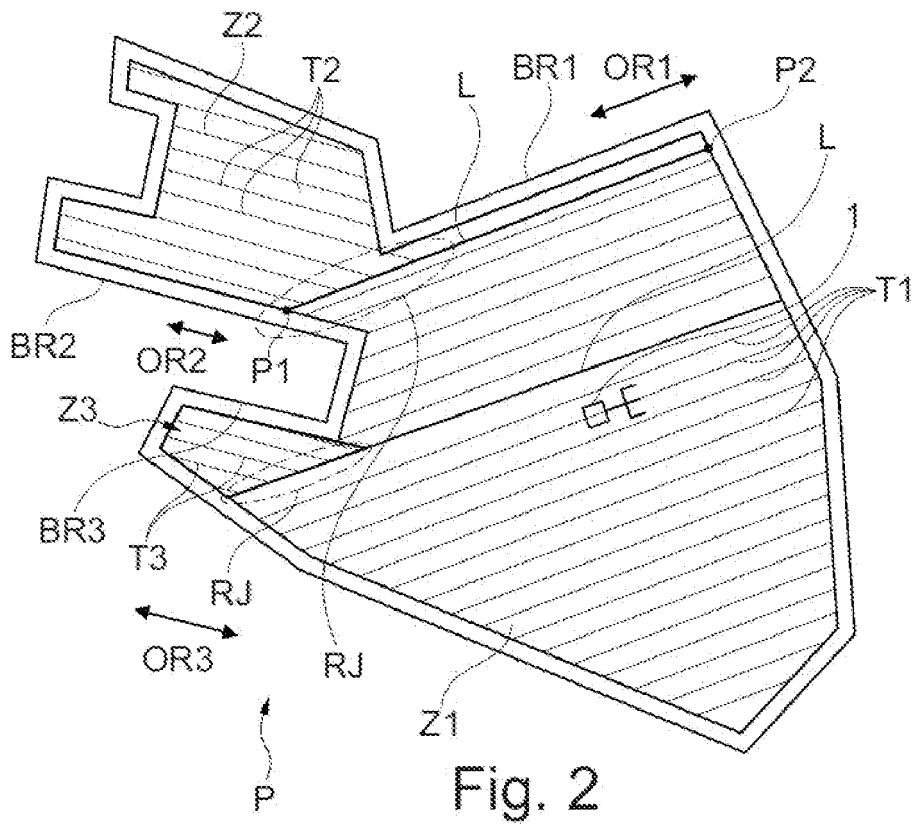
[Fig. 1B]



[Fig. 1C]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

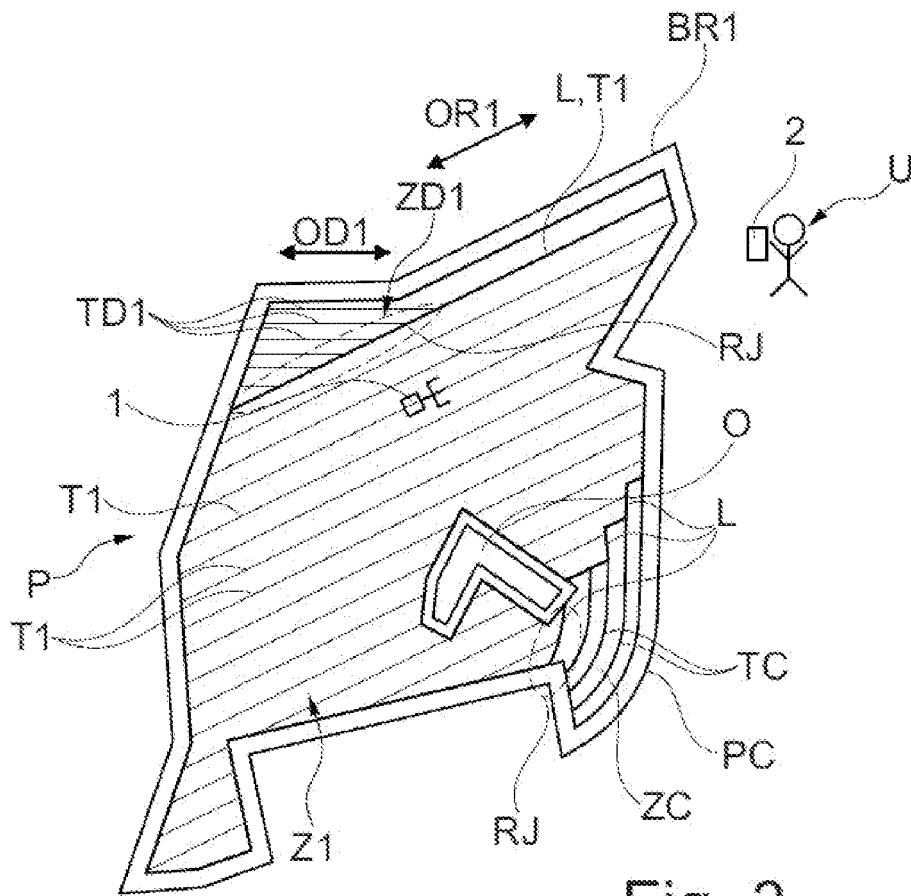


Fig. 3

[Fig. 4]

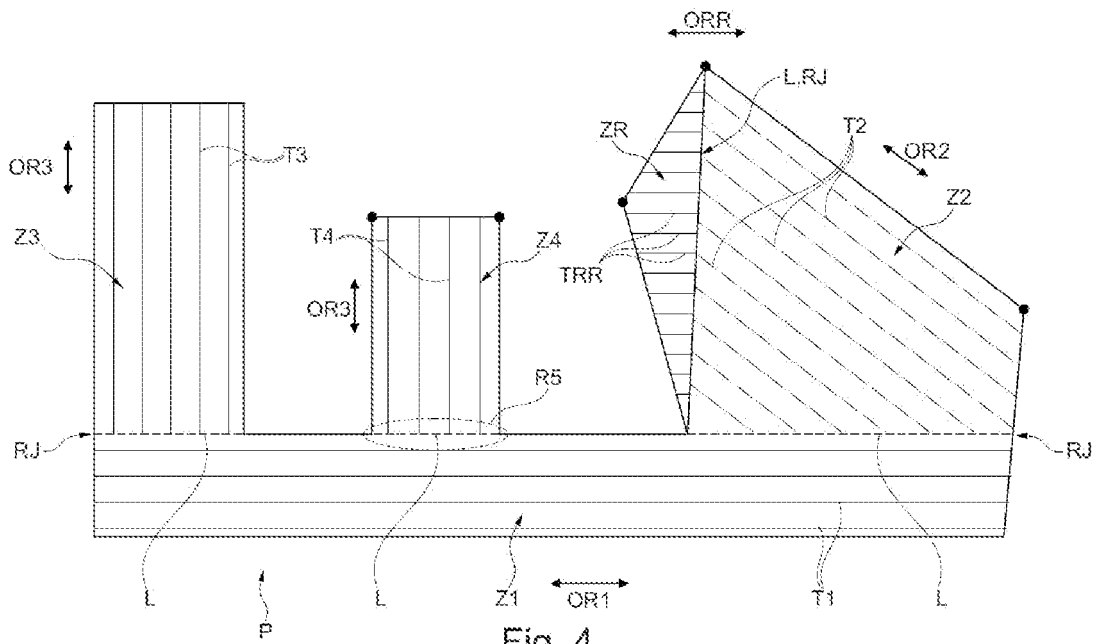


Fig. 4

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 916646
FR 2302426

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2021/267115 A1 (FJELSTAD STEPHEN FILIP [US] ET AL) 2 septembre 2021 (2021-09-02) * alinéas [0081] - [0085], [0092], [0106] * * figures 5, 6B * -----	1, 2, 7-11	A01B 69/00 A01B 79/00 A01D 41/127 B60W 30/10 G05D 1/02 A01B 69/04
X	DE 10 2014 108075 A1 (CLAAS E SYSTEMS KGAA MBH & CO KG [DE]) 17 décembre 2015 (2015-12-17) * alinéas [0023], [0026] - [0031], [0047] * * figures 1-4 * -----	1, 3-6	
X	US 2018/364726 A1 (FOSTER CHRISTOPHER ALAN [US] ET AL) 20 décembre 2018 (2018-12-20) * alinéas [0015], [0051] - [0055] * * figures 5A, 5B * -----	1, 2	
A	US 2022/375060 A1 (ANDERSON SCOTT W [US] ET AL) 24 novembre 2022 (2022-11-24) * alinéas [0022], [0023]; figures 2A, 2B * -----	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 8 498 788 B2 (KONDEKAR RITESH [IN]; DEERE & CO [US]) 30 juillet 2013 (2013-07-30) * le document en entier * -----	1-11	A01B G05D A01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 octobre 2023		Ikas, Gerhard	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2302426 FA 916646**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **06-10-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2021267115 A1	02-09-2021	EP 4114165 A1	11-01-2023
		US 2021267115 A1	02-09-2021
		WO 2021178998 A1	10-09-2021

DE 102014108075 A1	17-12-2015	AUCUN	

US 2018364726 A1	20-12-2018	AUCUN	

US 2022375060 A1	24-11-2022	AU 2022202484 A1	08-12-2022
		BR 102022004198 A2	25-04-2023
		EP 4091420 A1	23-11-2022
		US 2022375060 A1	24-11-2022

US 8498788 B2	30-07-2013	EP 2446725 A1	02-05-2012
		US 2012101725 A1	26-04-2012
