

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Procédé et installation de travail d'une parcelle avec au moins un robot agricole ravitaillé.

②② Date de dépôt : 25.01.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

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

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 28.07.23 Bulletin 23/30.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 31.05.24 Bulletin 24/22.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : HOELLINGER Marie et POTIER
Philippe.

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

⑦④ Mandataire(s) : CABINET NUSS.



Description

Titre de l'invention : Procédé et installation de travail d'une parcelle avec au moins un robot agricole ravitaillé

[0001] La présente invention concerne le domaine du machinisme agricole et plus particulièrement du travail du sol et/ou des végétaux d'une parcelle agricole par au moins une machine agricole autonome à fonctionnement hautement automatisé, généralement dénommée engin agricole robotisé ou robot agricole, préférentiellement par une flotte d'au moins deux tels engins ou machines. Dans ce contexte, l'invention a pour objet un procédé de travail d'une parcelle agricole par au moins un robot agricole et avec un ravitaillement en intrants amélioré, ainsi qu'une installation agricole mettant en œuvre ce procédé.

[0002] Typiquement, une parcelle agricole P est divisée en un champ principal CP (correspondant à la surface utile SU exploitable optimalement) et une zone de fourrière ZF qui borde ce champ principal sur toute ou partie de sa circonférence périphérique (voir [Fig.1A][Fig.1A] - fourrière sur tout le pourtour du champ CP). Cette zone de fourrière ZF peut être continue et entourante par rapport à SU ou CP, comme dans la [Fig.1A][Fig.1A], elle s'étend alors sur tous les côtés du champ principal. Elle peut aussi ne s'étendre que le long de certains côtés seulement du champ principal, en étant fragmentée (comme dans la [Fig.1B][Fig.1B]) ou continue (voir [Fig.1C][Fig.1C]). De manière classique, cette fourrière est présente sur au moins un, avantageusement plusieurs, côté(s) du champ principal et préférentiellement au moins à chaque extrémité des rangs ou trajets de travail de la parcelle. Elle est en premier lieu utilisée par les engins ou robots agricoles pour effectuer les demi-tours et plus généralement pour manœuvrer d'un rang à l'autre du champ principal. Toutefois, une telle zone de fourrière ZF peut aussi s'étendre dans le champ principal CP, notamment autour d'une zone qui ne peut être travaillée, telle que par exemple un obstacle (rocher, pylône, ...).

[0003] Bien entendu, la parcelle peut être traitée par un unique engin ou robot, mais de manière usuelle une flotte d'au moins deux robots, de même type ou non, est mise en œuvre. Une solution connue peut alors consister à diviser la parcelle à travailler, plus précisément le champ principal, en zones de travail de largeur fixe correspondant à la largeur de travail des robots agricoles mis en œuvre (chaque zone est travaillée en un passage par exemple) ou à un multiple (préférentiellement entier) de cette largeur (chaque zone est alors travaillée en un nombre pair ou impair de passages), et d'affecter ces zones aux différents robots, ces zones étant affectées/réaffectées en temps réel en fonction de l'avancement des travaux en cours par les différents robots et de l'évolution de la situation au cours de la durée de traitement de la parcelle. Les

zones de travail précitées, qui constituent des portions fractionnaires du champ principal, peuvent être attribuées (pour une phase ou mission de travail donnée d'une parcelle) soit exclusivement à un unique robot d'une flotte pour être travaillée par ce dernier, soit en variante à plusieurs robots qui la travaillent simultanément ou successivement, en effectuant des tâches identiques ou similaires, ou encore différentes, voire complémentaires.

- [0004] Durant le traitement d'une parcelle, les engins ou robots, et les outils qui leur sont associés, consomment des intrants variés, fonction de leur type et de la nature et des caractéristiques de l'opération ou des opérations agricoles qu'ils réalisent dans la parcelle, à savoir : carburant / énergie électrique ; semences ; engrais, produits phytosanitaires, etc. Normalement, une seule station est suffisante pour une parcelle donnée. Toutefois, en cas de parcelle de très grande dimension, d'un très grand nombre de robots et/ou d'une pluralité élevée d'intrants différents, il peut aussi être prévu de mettre en œuvre au moins deux stations de ravitaillement différentes.
- [0005] Au fur et à mesure de l'avancement de leur travail, ces intrants devront être ravitaillés au niveau des engins ou robots. Ces ravitaillements sont effectués via au moins une station de rechargement, manuellement ou de manière autonome. Une telle station est avantageusement mobile et peut être déplacée par un opérateur, de manière manuelle, ou également de manière autonome par un des engins (voir même sans aucune aide si elle est motorisée et guidée).
- [0006] Plus il y a d'engins ou de robots intervenant dans la parcelle et plus celle-ci est grande, plus le besoin de rechargements fréquents se fera sentir. Il peut donc en résulter un besoin de déplacer (souvent) la station d'un côté à l'autre de la parcelle si les emplacements des rechargements ne sont pas optimisés. Cette situation n'est pas satisfaisante, ni en termes de consommation de carburant, ni en termes de perte de temps, puisqu'il faut soit déplacer la station, soit se faire déplacer les robots (qui ne travaillent pas durant ces déplacements). Ainsi, lorsque la station demeure à un endroit fixe, les robots devront se déplacer vers elle pour se recharger, parfois sur de longues distances (déplacements aller-retour non travaillés).
- [0007] Par le document EP 2 855 102, on connaît un procédé de rechargement d'un engin au niveau d'une station, le ravitaillement se faisant de manière autonome quand un seuil bas d'intrant est franchi. Le positionnement de la station dans la parcelle est optimisé en fonction de la mission et la station est mise en place manuellement, et demeure à son emplacement. Un superviseur peut assister l'utilisateur dans le choix de la position de la station. Cette solution n'offre donc aucune flexibilité, ni aucune possibilité d'adaptation, et repose sur un choix initial unique de localisation fixe de la station.
- [0008] Par le document WO 2014/137813, on connaît un procédé de ravitaillement de machines agricoles dans lequel des points potentiels précis de ravitaillement sont

prédéfinis sur au moins deux côtés opposés de la parcelle, préférentiellement dans les deux fourrières opposées dans lesquelles s'effectuent les demi-tours.

- [0009] Cette solution vise à optimiser les déplacements entre engins et station de ravitaillement, en mettant en œuvre une fonction d'estimation/optimisation des coûts, et d'une évaluation en temps réel des consommations et réserves énergétiques des engins.
- [0010] Toutefois, cette solution connue est complexe à mettre en œuvre, ne permet pas d'optimiser les déplacements de la station, qui peut être déplacée sur plusieurs côtés du champ, et ne recherche pas non plus un compromis satisfaisant entre possibles déplacements de la station et déplacements des engins.
- [0011] La présente invention a pour but de pallier au moins les principales limitations des solutions antérieures.
- [0012] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de travail d'une parcelle par au moins une machine ou robot agricole à fonctionnement autonome et indépendant, ladite parcelle comportant au moins un point d'accès ou entrée et au moins une zone de fourrière entourant ou non un champ principal, formée d'une ou de plusieurs parties de fourrière, associées chacune à un côté du champ principal, ou à une zone non travaillée de ce dernier, et mutuellement contiguës ou disjointes, ledit procédé consistant, préalablement et/ou progressivement durant l'avancement du travail dudit champ principal et éventuellement de la zone de fourrière, à subdiviser ledit champ principal en zones de travail élémentaires, préférentiellement en forme de bandes, dont au moins une extrémité est bordée par une partie de fourrière et dont chacune est attribuée au ou à un robot pour être travaillée par ce dernier en un ou plusieurs passage(s), avantageusement selon une dimension longitudinale, ledit procédé consistant aussi, après évaluation et planification préalables du travail à réaliser sur la parcelle considérée, à programmer le ou chaque robot avec des consignes et/ou des séquences de commandes avant le démarrage du travail, et au moins une séquence de ravitaillement en intrant(s) du ou d'au moins un des robots, prévue ou non, pouvant survenir durant le traitement de la totalité de la parcelle considérée, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à définir, durant ou après la phase d'évaluation et de planification, au moins une portion de fourrière privilégiée spécifiquement destinée au(x) ravitaillement(s) en intrant(s) et dans laquelle se trouve cantonnée au moins une station de ravitaillement pour au moins un intrant, avec faculté de déplacement ou de repositionnement dans cette portion, le ou chaque robot se dirigeant vers cette portion lorsqu'une consigne de ravitaillement est reçue ou générée par lui.
- [0013] L'invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-après, qui se rapporte à des modes de réalisation préférés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et expliqués avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :
- [0014] [Fig.2] illustre un premier exemple de définition de portion de fourrière privilégiée et

de travail d'une parcelle selon l'invention ;

[0015] [Fig.3] représente sur une même figure plusieurs variantes alternatives de localisation d'une portion de fourrière privilégiée selon l'invention, chaque fois en fonction d'un point d'accès ou d'une entrée différent(e) ;

[0016] [Fig.4A] et

[0017] [Fig.4B] illustrent deux phases successives du travail d'une parcelle comportant trois portions de champ principal et trois portions de fourrière privilégiée séparées, avec déplacement de la station de ravitaillement en fonction de l'avancement du travail, et,

[0018] [Fig.5A],

[0019] [Fig.5B] et

[0020] [Fig.5C] illustrent trois phases successives du travail d'une parcelle comportant trois portions de champ principal et une portion de fourrière privilégiée commune, avec déplacement de la station de ravitaillement en fonction de l'avancement du travail.

[0021] Les figures 2 à 5 illustrent en relation avec différentes variantes de mise en œuvre possibles, un procédé de travail d'une parcelle (P) par au moins une machine ou robot agricole (R1, R2, ..., Ri) à fonctionnement autonome et indépendant. Cette parcelle (P) comporte au moins un point d'accès ou entrée (PA) et au moins une zone de fourrière (ZF) entourant ou non un champ principal (CP), formée d'une ou de plusieurs parties de fourrière (PF), associées chacune à un côté du champ principal (CP), ou à une zone non travaillée de ce dernier, et mutuellement contiguës ou disjointes.

[0022] Le procédé visé consiste, préalablement et/ou progressivement durant l'avancement du travail dudit champ principal (CP) et éventuellement de la zone de fourrière (ZF), à subdiviser ledit champ principal (CP) en zones de travail élémentaires (ZT1, ZT2, ..., ZTj), préférentiellement en forme de bandes, dont au moins une extrémité est bordée par une partie de fourrière (PF) et dont chacune est attribuée au ou à un robot (R1, R2, ..., Ri) pour être travaillée par ce dernier en un ou plusieurs passage(s), avantageusement selon une dimension longitudinale. Ce procédé consiste aussi, après évaluation et planification préalables du travail à réaliser sur la parcelle (P) considérée, à programmer le ou chaque robot (R1, R2, ..., Ri) avec des consignes et/ou des séquences de commandes avant le démarrage du travail. Par ailleurs, au moins une séquence de ravitaillement en intrant(s) du ou d'au moins un des robots (R1, R2, ..., Ri), prévue ou non, peut survenir durant le traitement de la totalité de la parcelle (P) considérée.

[0023] Pour la mise en œuvre de ce procédé, toutes les informations en relation avec la parcelle (P) telles que : taille ; forme ; surface de chaque zone de travail et de chaque partie de champ principal la constituant ; trajets de travail prévisibles des robots ; forme, position et extension de la ou des fourrières, ...) sont connues du système exécutant le logiciel de planification et de gestion du travail de la parcelle (P), par

exemple un système central commun de gestion et de pilotage (SC) apte et destiné à évaluer et à planifier le travail à réaliser sur une parcelle (P) considérée et à communiquer avec le ou les robots (R1, Ri, ...) en vue de leur transmettre des consignes et/ou des commandes. De même, les consommations de carburant, la quantité de carburant/électricité présent dans le réservoir/batterie, la consommation d'intrants (fonction du ratio graines /engrais), les ratios prééglés [masse d'intrants/surface à travailler] et la distance prévisible à parcourir sont connues pour chaque robot et/ou outil. Ces robots sont en outre bien entendu équipés de capteurs permettant de mesurer certains de ces paramètres en continu, tels que vitesse de déplacement, niveau restant d'intrants en temps réel, consommation instantanée d'énergie,

- [0024] Conformément à l'invention, ce procédé consiste en outre à définir, durant ou après la phase d'évaluation et de planification, au moins une portion de fourrière privilégiée (PFP) spécifiquement destinée au(x) ravitaillement(s) en intrant(s) et dans laquelle se trouve cantonnée au moins une station de ravitaillement (SR) pour au moins un intrant, avec faculté de déplacement ou de repositionnement dans cette portion (PFP), le ou chaque robot (R1, R2, ..., Ri) se dirigeant vers cette portion (PFP) lorsqu'une consigne de ravitaillement est reçue ou générée par lui.
- [0025] Le procédé peut être mis en œuvre avec un seul robot agricole. Toutefois, dans un contexte d'application privilégiée, il est exploité en relation avec au moins deux (cf. figures 4 et 5), voire préférentiellement une flotte d'au moins trois (cf. figures 1B, 1C et 2), robots (R1, R2, ..., Ri).
- [0026] Le procédé selon l'invention ne cherche pas à définir un point de ravitaillement précis, mais plutôt une zone commune dans laquelle tous les ravitaillements des robots seront effectués de manière centralisée. Les points de ravitaillement peuvent être multiples, mais sont tous situés dans une zone délimitée, préférentiellement du même côté de la parcelle, pour à la fois réduire les déplacements de la station de re-chargement et réduire les déplacements des engins vers la station. La définition du ou des point(s) de ravitaillement précis est faite par un système central de gestion et de pilotage (SC-superviseur) au moment où le ravitaillement est nécessaire durant le travail autonome d'un robot donné.
- [0027] L'invention permet de minimiser les déplacements de la station tout en réduisant simultanément les déplacements des robots vers celle-ci. Une réduction maximale des déplacements des robots n'est pas recherchée, car elle entraînerait de plus grands déplacements de la station, ce qui n'est pas souhaité.
- [0028] En relation avec le système central de gestion et de pilotage (SC), l'utilisateur peut, au moment de la génération de la mission pour les robots agricoles, sélectionner une portion de la fourrière et la définir comme une zone de ravitaillement privilégiée, appelée portion de fourrière privilégiée (PFP).

- [0029] L'homme du métier comprend que l'invention exploite une programmation de ravitaillement des robots agricoles qui évite les déplacements "à vide". Par exemple, si l'intrant (semis, engrais, ...) est le facteur limitatif, un robot ne commence pas à travailler un nouvel aller-retour dans le champ principal (CP) s'il ne reste pas assez d'intrant dans sa trémie. Comme le système et/ou chaque robot connaît la quantité d'intrant nécessaire pour travailler un aller-retour via la mission et que la quantité d'intrant disponible dans la trémie est connue, il peut déterminer savoir si le prochain aller-retour peut être travaillé complètement ou s'il faut ravitailler en amont quand l'engin est dans ou proche de la portion de fourrière privilégiée (PFP).
- [0030] Grâce à l'invention, deux améliorations concernant les ravitaillements des robots agricoles peuvent être atteintes, à savoir : i) une réduction des distances entre les robots et la station de ravitaillement, et ii) une minimisation des distances de déplacement de ladite station.
- [0031] En relation avec l'invention, la ou chaque portion de fourrière privilégiée (PFP) est définie comme correspondant à une partie de fourrière (PF), avantageusement en forme de bande de largeur sensiblement constante, bordant un côté du champ principal (CP), ou à une fraction partielle d'une telle partie (PF), ladite portion (PFP) étant destinée à être travaillée ou non.
- [0032] Comme indiqué en introduction, la ou les fourrières n'englobe(nt) pas forcément la totalité du champ principal (CP) : au lieu de s'étendre sur tous les côtés de ce dernier, seuls certains, voire un seul, des côtés peu(ven)t en être pourvu(s) et la portion de fourrière privilégiée (PFP) peut se trouver dans n'importe quelle partie de la fourrière, donc sur un côté quelconque. Néanmoins, la portion de fourrière privilégiée (PFP) se trouve toujours à l'intérieur du contour extérieur de la parcelle (P), et ne peut pas déborder, même partiellement, de celle-ci. En effet, le fonctionnement autonome des robots impose un contour de sécurité duquel ils ne peuvent sortir (il est cependant possible de redéfinir les contours de la parcelle, si besoin, pour y inclure la fourrière privilégiée).
- [0033] Le déplacement de la ou des station(s) de ravitaillement (SR) peut être autonome, être réalisé par un robot ou être réalisé par un opérateur (averti par un système central commun de gestion et de pilotage ou un robot, et disposant d'un tracteur ou d'un véhicule similaire apte à tracter ou à pousser le ou les stations).
- [0034] Avantageusement, la ou chaque portion de fourrière privilégiée (PFP) est déterminée en fonction du point d'accès ou entrée (PA) de la parcelle (P) considérée, dont elle est avantageusement située à proximité ou qu'elle intègre (voir [Fig.3]).
- [0035] Selon une caractéristique de l'invention, le procédé peut consister à arranger et à dimensionner la ou chaque portion de fourrière privilégiée (PFP) de telle manière que lors d'une opération de ravitaillement la station de ravitaillement (SR) et le robot (R1,

R2, ..., Ri) ravitaillé, et le cas échéant son outil, sont tous deux situés entièrement dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) concernée. Cette condition de non-débordement impose des dimensions minimales à la portion de fourrière privilégiée (PFP) de telle manière que toutes les manœuvres liées à un ravitaillement puissent se dérouler à l'intérieur de son périmètre.

[0036] Bien entendu, la portion de fourrière privilégiée (PFP) ne s'étend pas forcément toute la longueur d'un côté du champ principal (CP). L'utilisateur peut choisir de ne retenir qu'une portion d'une fourrière associée à un côté, pour des raisons de logistique et de praticité pour l'agriculteur qui doit amener la station de ravitaillement ou de re-chargement (SR) dans la parcelle (par exemple : abords de la parcelle encombrés par une forêt, un cours d'eau, un décrochement, dépendance de la position du point d'entrée dans le champ, ...).

[0037] Le choix du positionnement de la portion de fourrière privilégiée (PFP) est de la responsabilité de l'utilisateur, le système central commun de gestion et de pilotage (SC) pouvant néanmoins suggérer une ou plusieurs positions, optimale ou non, déterminée(s) en fonctions des données à sa disposition et relatives aux paramètres et caractéristiques évoquées précédemment.

[0038] Selon un mode de réalisation possible de l'invention, il peut être prévu de prédéfinir dans la ou chaque portion de fourrière privilégiée (PFP), en plus d'un premier emplacement initial pour la station de ravitaillement (SR), au moins un deuxième emplacement formant point de ravitaillement, avantageusement sur la base d'estimations préalables de consommation d'intrant(s). Ce ou ces positionnement(s) ultérieur(s) de la station peu(ven)t éventuellement être rajouté(s) ou modifié(s) en cours de réalisation du travail de la parcelle (P) en fonction d'une évolution non prévisible de l'avancement du travail, de circonstances exceptionnelles ou d'incidents aléatoires.

[0039] Comme le montrent à titre d'exemples les figures 4 et 5, il peut être prévu de déplacer la station de ravitaillement (SR) dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) concernée, de manière autonome ou par traction ou poussée, le cas échéant par l'intermédiaire du ou d'un des robots (R1, R2, ..., Ri), en fonction de l'avancement du travail dans la parcelle (P).

[0040] En accord avec un mode de réalisation avantageux de l'invention, en particulier en présence d'une parcelle de grande dimension, le procédé peut consister, durant ou après la phase d'évaluation et de planification, à subdiviser le champ principal (CP) en au moins deux parties de champ principal (PCPi) comprenant chacune plusieurs zones de travail élémentaires (ZT1, ZT2, ..., ZTj), préférentiellement en forme de bandes, à affecter soit à chacune de ces parties (PCPi) une portion de fourrière privilégiée (PFPi) propre distincte (voir figures 4), soit une portion de fourrière privilégiée (PFP) commune à toutes ces parties (PCPi) (voir figures 5), et à déplacer la station de ravi-

taillement (SR) dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) commune, ou d'une portion de fourrière privilégiée (PFPi) à une suivante, en fonction de l'avancement du travail dans la parcelle (P) considérée, un tel déplacement ayant avantageusement lieu lorsque le ou chaque robot (R1, R2, ..., Ri) dispose de suffisamment d'intrants pour achever son travail dans la partie de champ principal (PCPi) en cours de travail.

[0041] Le déplacement de la station de ravitaillement (SR) peut par exemple être effectué comme décrit dans la demande de brevet français n° 2101107 du 5 février 2021 au nom de la demanderesse.

[0042] En relation avec les figures 4 et 5, on peut relever par exemple que :

[0043] - sur la [Fig.4A], (PCP1) est en cours de travail par les robots (R1 et R2) et (PCP2) et (PCP3) restent à travailler, alors que sur la [Fig.4B], (PCP1) a été travaillée, (PCP2) est en train d'être travaillée et (PCP3) reste à travailler, la station de ravitaillement (SR) ayant été déplacée de la portion de fourrière privilégiée (PFP) associée à (PCP1) à la portion de fourrière privilégiée (PFP) associée à (PCP2) ;

[0044] - sur la [Fig.5A] (PCP1) est en cours de travail par les deux robots (R1 et R2) et (PCP2) et (PCP3) restent à travailler ; sur la [Fig.5B] (PCP1) a été travaillée, (PCP2) est en train d'être travaillée par le second robot (R2) et (PCP3) reste à travailler, la station de ravitaillement (SR) étant en train d'être déplacée par le premier robot (R1) de la portion de fourrière privilégiée (PFP) associée à (PCP1) à la portion de fourrière privilégiée (PFP) associée à (PCP2) ; et sur le [Fig.5C] a été travaillée, (PCP2) est en train d'être travaillée par les deux robots (R1 et R2) et (PCP3) reste à travailler, la station de ravitaillement (SR) étant positionné dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) associée à (PCP2).

[0045] On peut noter que le rapprochement d'un des robots (Ri) de la station de ravitaillement (SR) afin de déplacer cette station peut être mis à profit pour ravitailler ce robot, ou l'inverse.

[0046] Conformément à une autre caractéristique de l'invention, le positionnement de la station de ravitaillement (SR) dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) concernée est modifié lorsque l'emplacement qu'elle occupe devient temporairement partie d'un segment de fourrière (SFE) situé à l'extrémité d'une zone de travail élémentaire (ZT1, ZT2, ..., ZTj) travaillée par le ou un robot (R1, R2, ..., Ri), ce segment étant le cas échéant alloué exclusivement audit robot pour la durée de son travail dans cette zone.

[0047] Un tel principe d'allocation exclusive de zones de travail élémentaires peut notamment être du type de celui décrit dans la demande de brevet français n° 2009705 du 24 septembre 2020 au nom de la demanderesse.

[0048] En plus du ou des éventuels ravitaillements prévus à l'avance et programmés, ou de manière alternative à toute prédétermination, le ou un robot (R1, R2, ..., Ri) donné effectue avantageusement un ravitaillement lorsque le niveau d'au moins un intrant est

insuffisant pour lui permettre d'effectuer, en travaillant normalement, un aller-retour dans une zone de travail élémentaire (ZT1, ZT2, ..., ZTj) à travailler par lui ou en cours de travail par lui.

- [0049] A titre d'exemples non limitatifs, on peut noter que les caractéristiques du procédé selon l'invention, en particulier celles concernant la mise en œuvre d'une fourrière privilégiée, peuvent être implémentées dans ou en relation avec des logiciels de planification et de pilotage agricoles connus, notamment du type connu sous la désignation « Fieldplanner » de la société Lacos Computerservice, ou encore mis en œuvre dans la solution robotisée « AgBot » de la société AGXeed.
- [0050] A titre de déroulements pratiques possibles du procédé selon l'invention, deux exemples non limitatifs sont décrits ci-dessous en relation avec les figures 4 et 5.
- [0051] En accord avec un premier scénario possible, décrit en relation avec les figures 5, la parcelle (P) est divisée en 3 zones de travail (PCP1, PCP2 et PCP3) et 2 robots (R1 et R2) sont assignés à la mission de travail agricole dans cette parcelle. La parcelle comprend une fourrière (ZF) le long de son bord ou côté supérieur en vue aérienne. L'utilisateur (ou le logiciel) a défini la portion de fourrière privilégiée (PFP) dans la totalité de cette fourrière (PF). Les robots ainsi que la station de ravitaillement (SR) sont amenés dans la parcelle à travailler et positionnés à leur emplacement de départ (dans la 1^{ère} zone à travailler pour les 2 robots et dans la portion de fourrière privilégiée pour la station). Les deux robots commencent chacun à travailler la 1^{ère} zone de la parcelle (PCP1) selon la mission qui leur a été transmise par le système central commun (SC) de gestion et de pilotage ([Fig.5A]).
- [0052] Le robot (R2) change de zone et passe dans la zone (PCP2) lorsqu'il a fini le travail qui lui était assigné dans la zone (PCP1). Le robot (R1) finit à son tour le travail qui a lui a été assigné dans la zone (PCP1) et se déplace également vers la zone (PCP2). Au passage, il en profite pour déplacer la station (SR) et la positionner en face de la zone (PCP2) dans la section de la portion de fourrière privilégiée (PFP) associée à cette deuxième zone, et tout en restant dans la fourrière privilégiée durant le déplacement ([Fig.5B]). Selon le niveau des différents intrants présents dans le robot (R1), celui-ci peut en profiter le cas échéant pour effectuer ou non son ravitaillement à la station (SR) avant de reprendre le travail dans la zone PCP2 (le ravitaillement peut s'effectuer juste avant ou juste après l'avoir déplacé).
- [0053] En parallèle du déplacement de la station par le robot (R1), l'autre robot (R2) a continué son travail dans la deuxième zone (PCP2). Une fois le déplacement de la station par le robot (R1) effectué, et quand le niveau d'un (ou plusieurs) de ses intrant(s) atteint un niveau critique (c'est-à-dire que R2 ne peut plus faire un aller-retour complet) ; alors le robot (R2) se rend à la station de rechargement (SR) lorsqu'il s'approche de la portion de fourrière privilégiée (PFP). Il effectue son ravitaillement et

continue son travail dans la zone (PCP2) ([Fig.5C]).

[0054] Bien que non représenté, l'homme du métier comprend que la transition de la deuxième zone (PCP2) vers la troisième zone (PCP3) est similaire à celle de la première zone (PCP1) vers la deuxième zone (PCP2).

[0055] En l'occurrence, dans le cadre de cette mise en œuvre du procédé selon l'invention, il a été choisi par l'utilisateur (ou par le logiciel) que ce serait à chaque fois le dernier robot à quitter la zone de travail travaillée qui s'occuperait du déplacement de la station (SR) au sein de la portion de fourrière privilégiée (PFP). Cette stratégie est, dans le cas présent, définie au moment de la définition de la mission dans le logiciel. Bien entendu, n'importe quel robot peut aller se ravitailler à n'importe quel moment de sa mission à la station de ravitaillement, si le rechargement d'au moins un intrant est nécessaire.

[0056] Un second scénario de mise en œuvre du procédé est partiellement illustré par les figures 4A et 4B. Il est très proche du premier scénario décrit ci-dessus, à la différence qu'au lieu d'avoir une seule portion de fourrière privilégiée, trois portions de fourrière privilégiée (PFP) séparées ont été définies (par l'utilisateur ou le logiciel), chacune associée à l'une des trois zones de travail (PCP1, PCP2 et PCP3) et ne couvrant qu'une fraction de la fourrière. La station de ravitaillement (SR) sera alors déplacée d'une portion de fourrière privilégiée (PFP) à l'autre, en fonction des déplacements des robots de la zone (PCP1) vers la zone (PCP2), puis vers la zone (PCP3).

[0057] L'invention concerne également, comme cela ressort notamment des figures 2 à 5, un ensemble agricole pour la mise en œuvre du procédé de travail automatisé de parcelles agricoles (P), tel que décrit précédemment.

[0058] Un tel ensemble comprend en général une flotte d'au moins deux robots (R1, R2, ..., Ri) mobiles, équipés d'outils de travail adéquats, à fonctionnement autonome et indépendant, et un système central commun de gestion et de pilotage (SC) apte et destiné à évaluer et à planifier le travail à réaliser sur une parcelle (P) considérée et à communiquer avec lesdits robots en vue de leur transmettre des consignes et/ou des commandes, et éventuellement à recevoir en retour des informations de fonctionnement et/ou d'état desdits robots (R1, R2, ..., Ri), chaque robot (R1, R2, ..., Ri) étant en outre pourvu d'un dispositif de positionnement ou de localisation par satellites et muni de moyens de mesure de ses réserves d'intrants et de de son autonomie en fonction de sa consommation actuelle et future estimée.

[0059] En accord avec l'invention, cet ensemble est caractérisé en ce qu'il comprend également au moins une station (SR) de ravitaillement en intrant(s), qui est mobile, de manière autonome ou non, et qui est positionnée initialement sur la parcelle (P) dans une portion de fourrière privilégiée (PFP) prédéfinie par le système central commun de gestion et de pilotage (SC) et dans laquelle elle demeure cantonnée.

- [0060] Dans la pratique, l'agriculteur amène les robots (R1, R2, ..., Ri) et la station de rechargement/ravitaillement au niveau de la parcelle (P). Il positionne les robots au point de départ de leur mission et la station de rechargement/ravitaillement à un premier emplacement de ravitaillement, dans une portion de fourrière privilégiée (PFP), située à l'intérieur du contour de la parcelle. Le reste des opérations et déplacements en relation avec la mission (travail de la parcelle, déplacement du ou des robots vers la station, déplacement de la station) se fait en totale autonomie et automatiquement une fois la mission lancée via le logiciel de supervision du travail mis en œuvre par le système central commun de gestion et de pilotage (SC) et les robots (R1, R2, ..., Ri). Le rechargement/ravitaillement en tant que tel peut se faire soit également en autonomie, soit avec l'intervention d'un opérateur.
- [0061] Il est possible de prévoir à titre de précaution une station de ravitaillement dans la parcelle alors qu'en théorie, c'est-à-dire selon un calcul estimatif préalable, aucun ravitaillement n'est nécessaire. Une telle mesure peut s'expliquer par le fait qu'il peut exister une différence significative entre les consommations d'intrants prévues et les consommations réelles. Par exemple, selon le type de terre et l'humidité, un robot peut consommer beaucoup plus de carburant que prévu initialement, avant le travail de la parcelle. La consommation réelle des différents intrants (et donc des niveaux des réservoirs/trémies respectives) est suivie en permanence lors du travail. Lorsqu'une nécessité de ravitaillement est détectée (en particulier en relation avec les critères d'évitement d'aller-retour à vide mentionnés précédemment), alors le robot concerné reçoit une consigne de ravitaillement.
- [0062] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés aux 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 travail d'une parcelle (P) par au moins une machine ou robot agricole (R1, R2, ..., Ri) à fonctionnement autonome et indépendant, ladite parcelle (P) comportant au moins un point d'accès ou entrée (PA) et au moins une zone de fourrière (ZF) entourant ou non un champ principal (CP), formée d'une ou de plusieurs parties de fourrière (PF), associées chacune à un côté du champ principal (CP), ou à une zone non travaillée de ce dernier, et mutuellement contiguës ou disjointes, ledit procédé consistant, préalablement et/ou progressivement durant l'avancement du travail dudit champ principal (CP) et éventuellement de la zone de fourrière (ZF), à subdiviser ledit champ principal (CP) en zones de travail élémentaires (ZT1, ZT2, ..., ZTj), préférentiellement en forme de bandes, dont au moins une extrémité est bordée par une partie de fourrière (PF) et dont chacune est attribuée au ou à un robot (R1, R2, ..., Ri) pour être travaillée par ce dernier en un ou plusieurs passage(s), avantageusement selon une dimension longitudinale, ledit procédé consistant aussi, après évaluation et planification préalables du travail à réaliser sur la parcelle (P) considérée, à programmer le ou chaque robot (R1, R2, ..., Ri) avec des consignes et/ou des séquences de commandes avant le démarrage du travail, et au moins une séquence de ravitaillement en intrant(s) du ou d'au moins un des robots (R1, R2, ..., Ri), prévue ou non, pouvant survenir durant le traitement de la totalité de la parcelle (P) considérée, procédé caractérisé en ce qu'il consiste, durant ou après la phase d'évaluation et de planification, à définir au moins une portion de fourrière privilégiée (PFP) spécifiquement destinée au(x) ravitaillement(s) en intrant(s) et dans laquelle se trouve cantonnée au moins une station de ravitaillement (SR) pour au moins un intrant, avec faculté de déplacement ou de repositionnement dans cette portion (PFP), le ou chaque robot (R1, R2, ..., Ri) se dirigeant vers cette portion (PFP) lorsqu'une consigne de ravitaillement est reçue ou générée par lui, et en ce qu'il consiste à déplacer la station de ravitaillement (SR) dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) concernée, de manière autonome ou par traction ou poussée, en fonction de l'avancement du travail dans la parcelle (P).
- [Revendication 2] Procédé de travail selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à définir la ou chaque portion de fourrière privilégiée (PFP)

comme correspondant à une partie de fourrière (PF), avantageusement en forme de bande de largeur sensiblement constante, bordant un côté du champ principal (CP), ou à une fraction partielle d'une telle partie (PF), ladite portion (PFP) étant destinée à être travaillée ou non.

- [Revendication 3] Procédé de travail selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la ou chaque portion de fourrière privilégiée (PFP) est déterminée en fonction du point d'accès ou entrée (PA) de la parcelle (P) considérée, dont elle est avantageusement située à proximité ou qu'elle intègre.
- [Revendication 4] Procédé de travail selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste à arranger et à dimensionner la ou chaque portion de fourrière privilégiée (PFP) de telle manière que lors d'une opération de ravitaillement la station de ravitaillement (SR) et le robot (R1, R2, ..., Ri) ravitaillé, et le cas échéant son outil, sont tous deux situés entièrement dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) concernée.
- [Revendication 5] Procédé de travail selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste à prédéfinir dans la ou chaque portion de fourrière privilégiée (PFP), en plus d'un premier emplacement initial pour la station de ravitaillement (SR), au moins un deuxième emplacement formant point de ravitaillement, avantageusement sur la base d'estimations préalables de consommation d'intrant(s).
- [Revendication 6] Procédé de travail selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il consiste à déplacer la station de ravitaillement (SR) par l'intermédiaire du ou d'un des robots (R1, R2, ..., Ri), en fonction de l'avancement du travail dans la parcelle (P) et en minimisant avantageusement ses déplacements.
- [Revendication 7] Procédé de travail selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il consiste, durant ou après la phase d'évaluation et de planification, à subdiviser le champ principal (CP) en au moins deux parties de champ principal (PCPi) comprenant chacune plusieurs zones de travail élémentaires (ZT1, ZT2, ..., ZTj), préférentiellement en forme de bandes, à affecter soit à chacune de ces parties (PCPi) une portion de fourrière privilégiée (PFPi) propre distincte, soit une portion de fourrière privilégiée (PFP) commune à toutes ces parties (PCPi), et à déplacer la station de ravitaillement (SR) dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) commune, ou d'une portion de fourrière privilégiée (PFPi) à une suivante, en fonction de l'avancement du travail dans la parcelle (P)

considérée, un tel déplacement ayant avantageusement lieu lorsque le ou chaque robot ($R_1, R_2, \dots, R_i$) dispose de suffisamment d'intrants pour achever son travail dans la partie de champ principal (PCPi) en cours de travail.

- [Revendication 8] Procédé de travail selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le positionnement de la station de ravitaillement (SR) dans la portion de fourrière privilégiée (PFP) concernée est modifié lorsque l'emplacement qu'elle occupe devient temporairement partie d'un segment de fourrière (SFE) situé à l'extrémité d'une zone de travail élémentaire ($ZT_1, ZT_2, \dots, ZT_j$) travaillée par le ou un robot ($R_1, R_2, \dots, R_i$), ce segment étant le cas échéant alloué exclusivement audit robot pour la durée de son travail dans cette zone.
- [Revendication 9] Procédé de travail selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le ou un robot ($R_1, R_2, \dots, R_i$) donné effectue un ravitaillement lorsque le niveau d'au moins un intrant est insuffisant pour lui permettre d'effectuer, en travaillant normalement, un aller-retour dans une zone de travail élémentaire ($ZT_1, ZT_2, \dots, ZT_j$) à travailler par lui ou en cours de travail par lui.
- [Revendication 10] Ensemble agricole pour la mise en œuvre du procédé de travail automatisé de parcelles agricoles (P) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, cet ensemble comprenant une flotte d'au moins deux robots ($R_1, R_2, \dots, R_i$) mobiles, équipés d'outils de travail adéquats, à fonctionnement autonome et indépendant, et un système central commun de gestion et de pilotage (SC) apte et destiné à évaluer et à planifier le travail à réaliser sur une parcelle (P) considérée et à communiquer avec lesdits robots en vue de leur transmettre des consignes et/ou des commandes, et éventuellement à recevoir en retour des informations de fonctionnement et/ou d'état desdits robots ($R_1, R_2, \dots, R_i$), chaque robot ($R_1, R_2, \dots, R_i$) étant en outre pourvu d'un dispositif de positionnement ou de localisation par satellites et muni de moyens de mesure de ses réserves d'intrants et de de son autonomie en fonction de sa consommation actuelle et future estimée, ensemble caractérisé en ce qu'il comprend également au moins une station (SR) de ravitaillement en intrant(s), qui est mobile, de manière autonome ou non, et qui est positionnée initialement sur la parcelle (P) dans une portion de fourrière privilégiée (PFP) prédéfinie par le système central commun de gestion et de pilotage (SC) et dans laquelle elle demeure cantonnée.

[Fig. 1A]

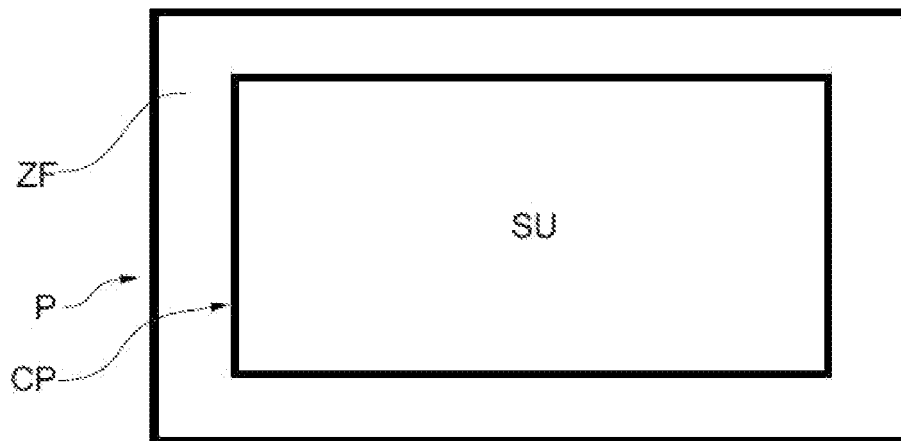


Fig. 1A

[Fig. 1B]

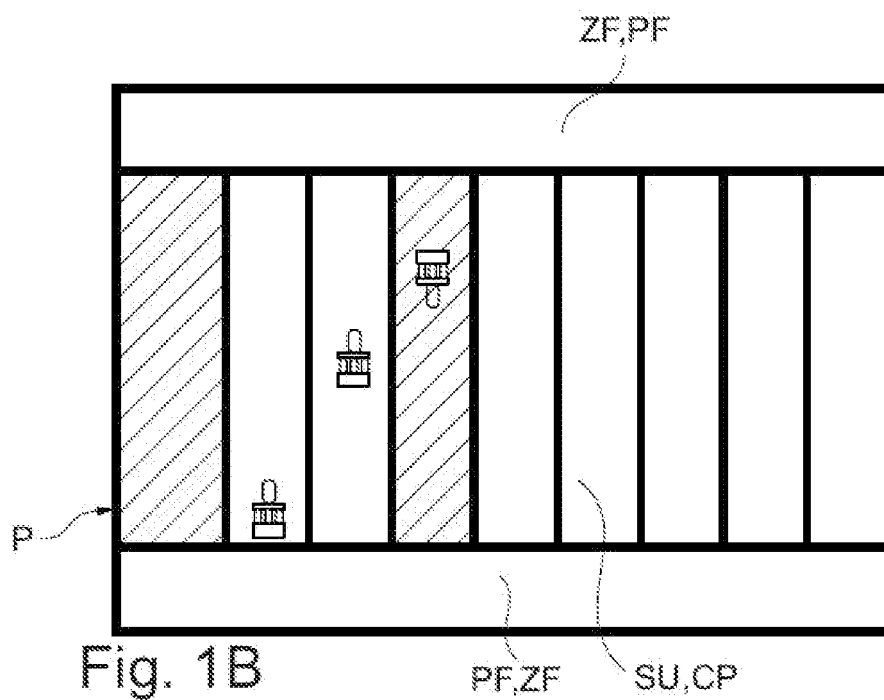
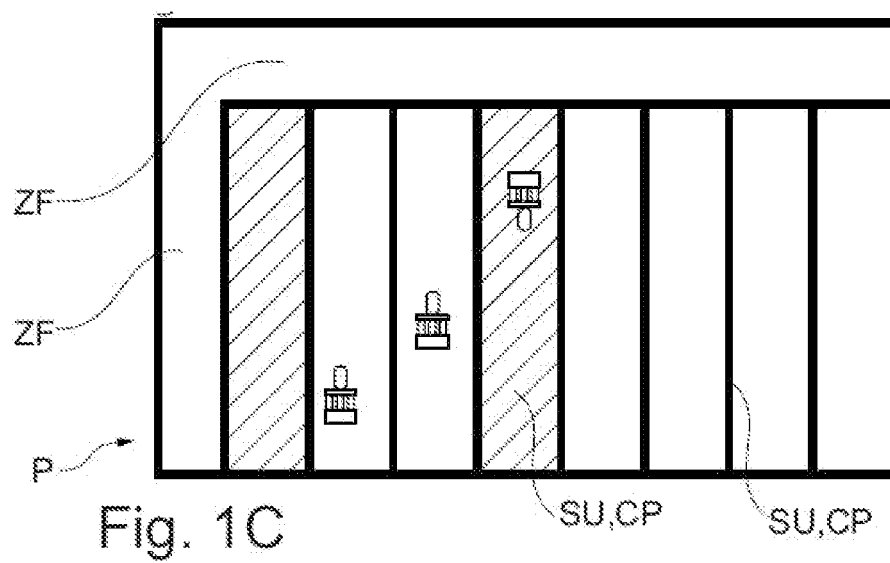


Fig. 1B

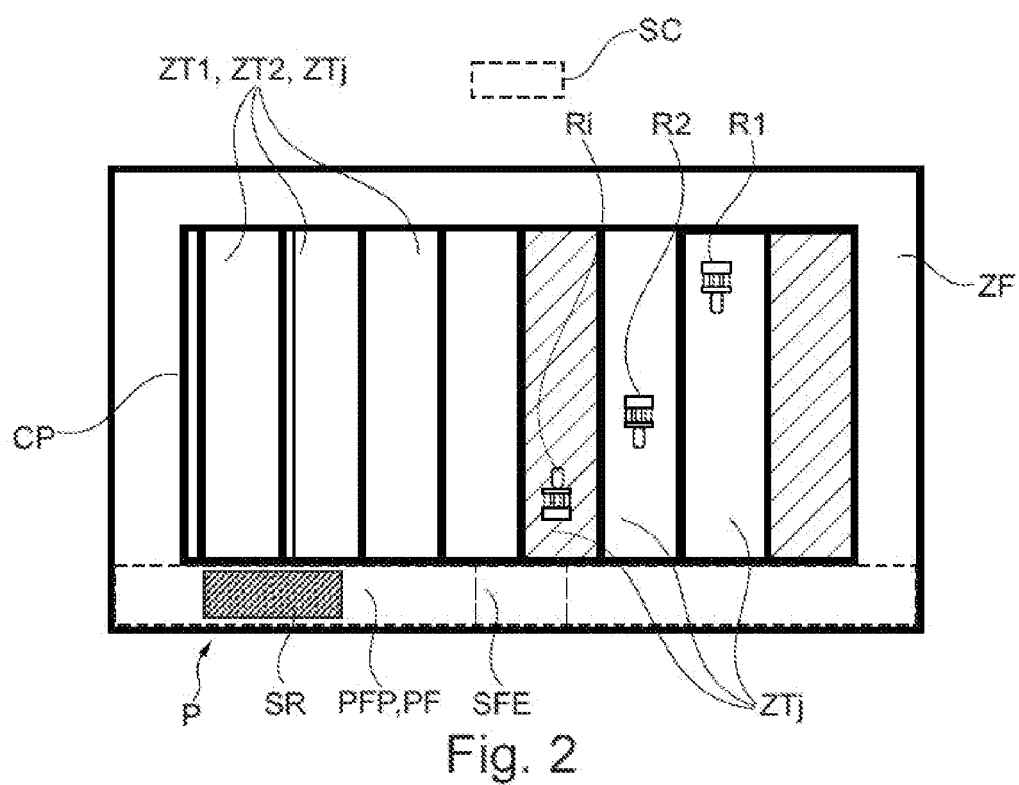
PF,ZF

SU,CP

[Fig. 1C]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

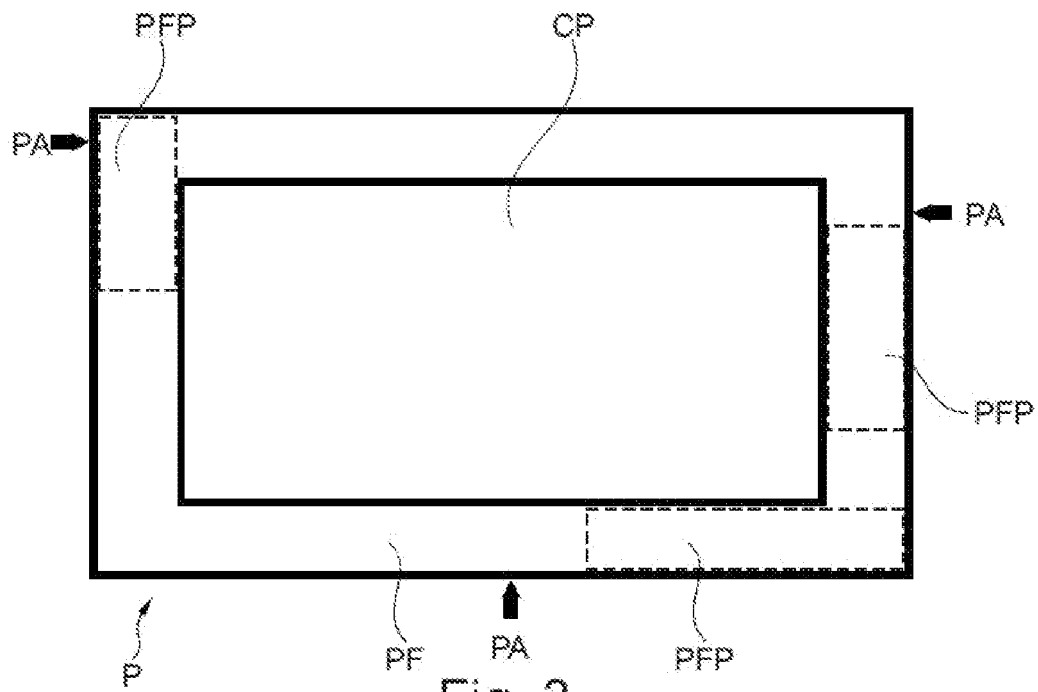


Fig. 3

[Fig. 4A]

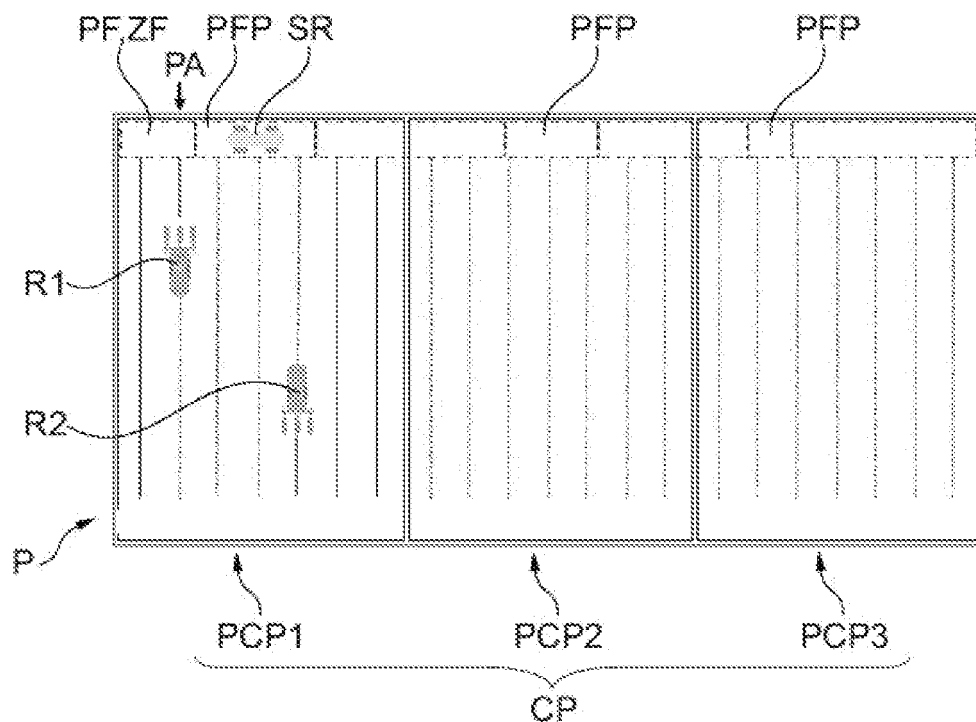


Fig. 4A

[Fig. 4B]

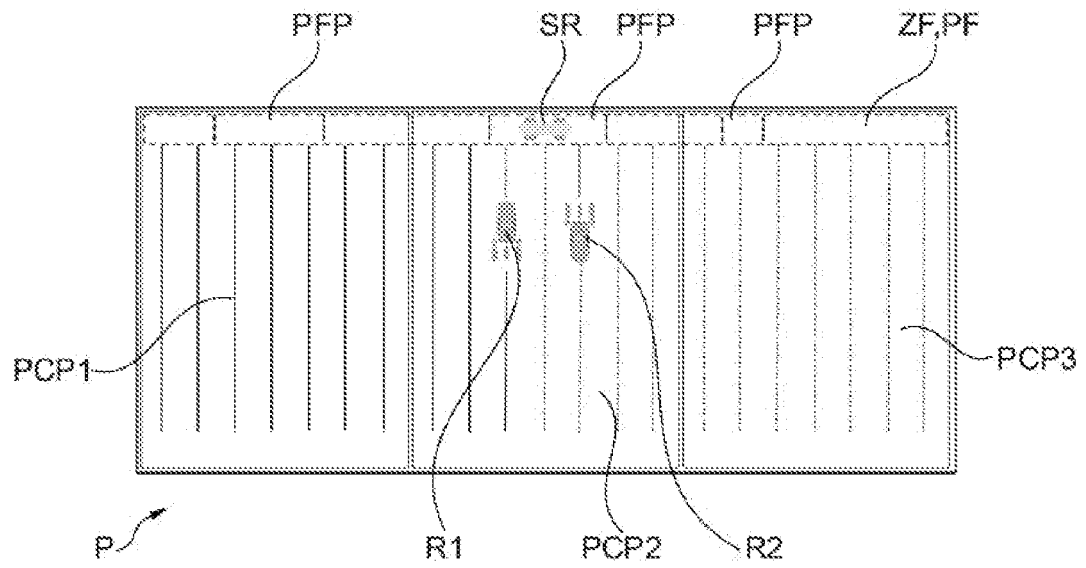


Fig. 4B

[Fig. 5A]

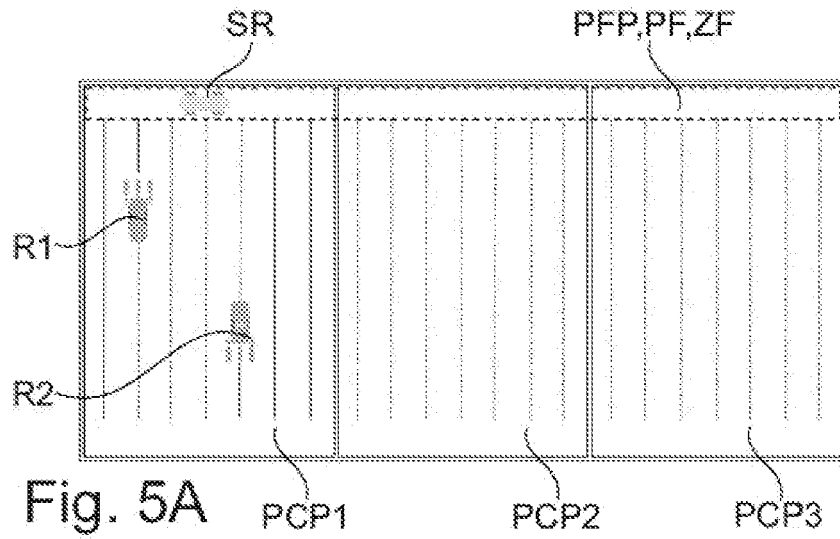


Fig. 5A

[Fig. 5B]

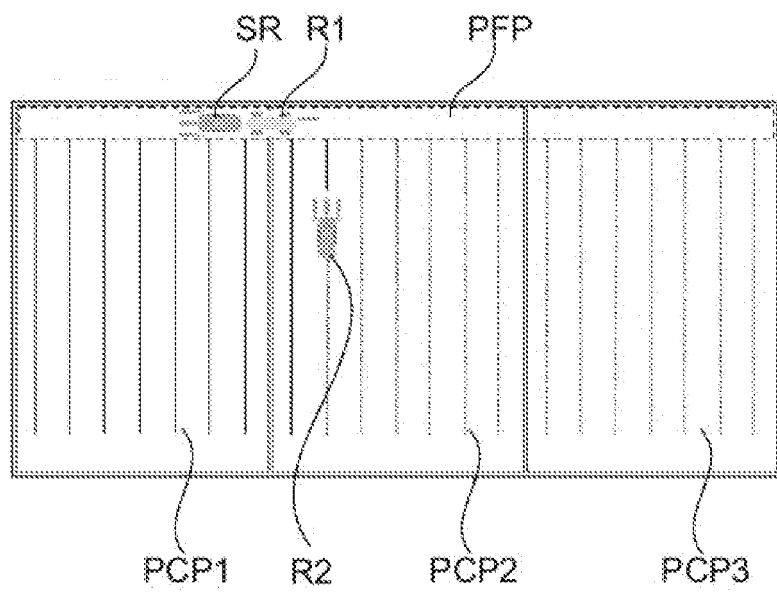


Fig. 5B

[Fig. 5C]

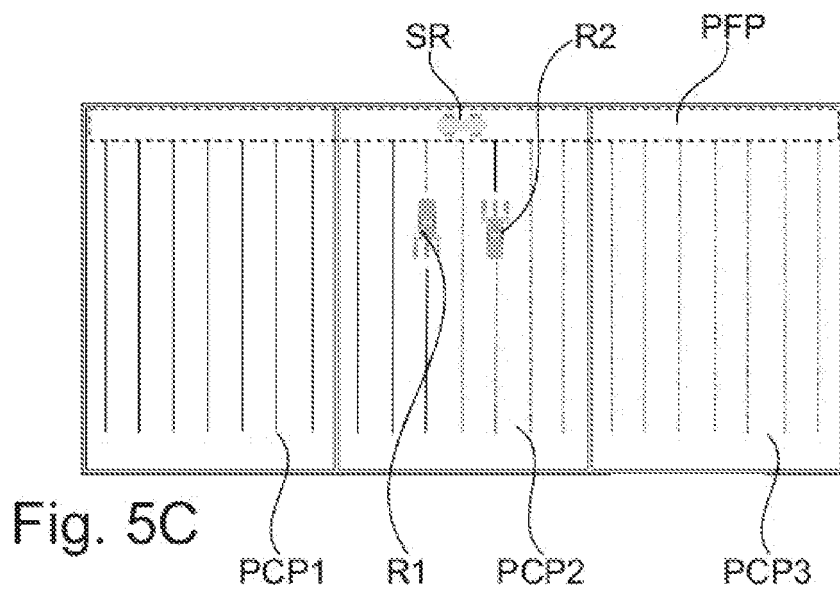


Fig. 5C

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

EP 3 766 323 A1 (YANMAR POWER TECHNOLOGY CO LTD [JP]) 20 janvier 2021 (2021-01-20)

WO 2021/145009 A1 (KUBOTA KK [JP])
22 juillet 2021 (2021-07-22)

WO 2018/105400 A1 (YANMAR CO LTD [JP])
14 juin 2018 (2018-06-14)

JP 2020 129393 A (YANMAR POWER TECHNOLOGY CO LTD) 27 août 2020 (2020-08-27)

JP 2021 184259 A (YANMAR POWER TECHNOLOGY CO LTD) 2 décembre 2021 (2021-12-02)

JP 2020 110108 A (KUBOTA KK)
27 juillet 2020 (2020-07-27)

WO 2020/100810 A1 (KUBOTA KK [JP])
22 mai 2020 (2020-05-22)

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

NEANT

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

NEANT