(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **2 944 111**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **10 52376**

(51) Int Cl[8] : ***G 01 S 17/89*** *(2017.01), G 05 D 1/00, A 01 B 79/02, A 01 C 21/00*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) PROCEDE ET SYSTEME DE SAISIE DE L'ENVIRONNEMENT.

(22) **Date de dépôt :** 31.03.10.

(30) **Priorité :** 03.04.09 DE 102009002161.2;
28.08.09 DE 102009028990.9.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 08.10.10 Bulletin 10/40.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 20.04.18 Bulletin 18/16.

(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) :** *ROBERT BOSCH GMBH* — DE.

(72) **Inventeur(s) :** BELSER FLORIAN, BIBER PETER, KOEHLER MARKUS, ALBERT AMOS, BECKER RALF et ZIMMERMANN UWE.

(73) **Titulaire(s) :** ROBERT BOSCH GMBH.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET HERRBURGER.

FR 2 944 111 - B1

Domaine de l'invention

La présente invention concerne un procédé de saisie de l'environnement.

L'invention concerne également un système de saisie de l'environnement à l'aide d'au moins un capteur qui éclaire l'environnement avec un rayonnement à au moins deux longueurs d'onde différentes et exploite le rayonnement réfléchi par les objets de l'environnement, mesure l'éloignement de l'objet et déduit une valeur indexée normée associée à l'objet respectif.

Etat de la technique

Le document DE 10 2004 002 936 A1, décrit un procédé et un dispositif de télémétrie. Selon ce procédé et ce dispositif de télémétrie, notamment en liaison avec des véhicules automobiles, on effectue la télémétrie en se fondant sur un signal lumineux émis puis réfléchi par l'objet de mesure qui a reçu ce signal; on utilise un miroir réglé par la commande à l'aide d'une unité de commande et ce miroir est un miroir micromécanique de télémétrie.

Le document US 6 601 341 B2, décrit un procédé d'amendement avec de l'azote pendant la phase de végétation. Ce procédé repose sur l'évaluation du rendement potentiel et sur un index particulier lié à l'amendement. Le procédé comprend les étapes suivantes :

- on détermine un indice rapporté à l'amendement pour une surface cultivée,
- on détermine un indice de différence de végétation, normé, d'une surface à amender,
- on détermine un rendement évalué de la récolte sur cette surface,
- on détermine un rendement de récolte possible pour cette surface,
- on détermine la prise d'azote de la végétation sur cette surface,
- on détermine la demande en amendement azoté pour cette végétation.

Le document CH 426 341, décrit un dispositif de levage hydraulique, notamment pour réguler la profondeur de labour. Ce dispositif comprend un vérin, une pompe à débit continu et un tiroir de commande rappelé en fonction de la grandeur variable par le dispositif

de levage, la chambre de pression de la pompe est reliée par une vanne à la sortie qui reçoit d'une part la pression de la pompe et d'autre part, en position de fermeture, est sollicitée par une charge ainsi que par l'intermédiaire du tiroir de commande dans une certaine position de celui-ci pour recevoir la pression de sortie et dans une autre position, pour recevoir la pression de la pompe, la chambre de pression de la pompe est reliée au vérin par l'intermédiaire d'un clapet antiretour. Le vérin est relié à la chambre de la pompe par l'intermédiaire du tiroir de commande ayant une section d'étranglement dépendant de la position du tiroir de commande mais qui ne peut descendre jusqu'à zéro, on saisit également la pression de pompe soutenant la charge en aval de la section d'étranglement.

Le document DD 259 720 A1, décrit un dispositif pour respecter un niveau d'occupation ou de travail réglable en continu mais constant, en fonction de la résistance du sol, en se référant à la surface du sol. Ce dispositif peut s'appliquer partout où il est nécessaire de garantir une profondeur de dépose ou de travail choisie préalablement et réglée de manière fixe, constante, indépendante de la résistance du sol. Cela s'applique par exemple à la pose de câbles ou structures souples analogues, faites à la machine sans réaliser de tranchée.

La précision requise pour la profondeur de pose ou de travail, est obtenue par des capteurs de mesure installés de manière fixe sur le moyen de traction en amont et de manière mobile à l'arrière de l'unité de pose, ces capteurs de mesure forment des valeurs de mesure de hauteur à partir desquelles on forme une valeur moyenne agissant sur l'installation de levage, par exemple par l'intermédiaire d'une servovanne. Des bosses ou creux de surface réduite sont éliminés par le procédé de métrologie. Cela s'applique également à une chute brusque du terrain ou à une montée de celui-ci. En cas de défaillance de la commande, une position de flottement permet de modifier de manière acceptable la profondeur de pose jusqu'à l'arrêt de l'installation de pose.

But de l'invention

La présente invention a pour but de développer un procédé perfectionné de saisie de l'environnement donnant une image

tridimensionnelle de l'environnement et des objets qui s'y trouvent, ainsi que des propriétés associées aux objets et notamment des valeurs indexées normées.

Exposé et avantages de l'invention

A cet effet l'invention concerne un procédé de saisie de l'environnement, caractérisé en ce qu'

- on éclaire l'environnement avec un rayonnement d'un capteur,
- à l'aide du rayonnement réfléchi par l'environnement, on forme une image tridimensionnelle de l'environnement, et
- à partir de l'image de l'environnement, on déduit les propriétés de l'environnement et des objets qui s'y trouvent.

La saisie tridimensionnelle proposée par le procédé de l'invention pour l'environnement et des objets contenus dans l'environnement, offre des possibilités totalement nouvelles de saisie et de classement des objets. Une application particulièrement avantageuse consiste à saisir une culture agricole dans l'environnement. L'invention permet de reconnaître de manière différentiée divers types de végétation tels que notamment les plantes utiles et les herbes sauvages ou mauvaises herbes. En outre, elle permet de reconnaître les types de plantes et leur état actuel fondé sur le travail de la culture agricole. L'invention utilise notamment le fait que les différents types de plantes se distinguent par leur hauteur de croissance de plantes à développement optimum par le manque d'agent nutritif ou le manque d'eau ou encore de plantes endommagées par une attaque de parasites. Grâce à la saisie supplémentaire de la hauteur des plantes, on recueille des informations plus précises concernant les plantes.

De manière particulièrement avantageuse, on saisit la culture agricole par au moins un capteur comportant un miroir de renvoi pour dévier le faisceau de détection d'un miroir micromécanique (miroir MEMS). Un tel miroir permet une détection particulièrement économique de la culture agricole avec une résolution élevée. La résolution élevée permet de reconnaître et d'identifier des plantes séparées, à l'intérieur d'une zone de végétation. Comme on peut saisir une plante séparée, cela permet de traiter une plante séparée de manière individuelle et ciblée. En particulier, dans le cas d'une

alimentation locale insuffisante en matière nutritive ou en eau ou en cas d'attaque locale par des parasites, on peut effectuer de manière avantageuse une action locale protégeant les ressources sans avoir à traiter globalement toute la culture agricole.

Suivant d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention,

- on éclaire l'environnement avec le rayonnement d'un capteur,
- à l'aide du rayonnement réfléchi par l'environnement, on forme une image tridimensionnelle de l'environnement,
- à partir de l'image de l'environnement, on déduit les propriétés de l'environnement et/ou des objets contenus dans l'environnement, et
- en fonction des signaux de capteur réfléchis et exploités ou des propriétés de l'environnement que l'on en déduit et/ou des objets qui s'y trouvent, on commande des machines de travail ou des moyens analogues.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,

- on éclaire l'environnement avec au moins deux longueurs d'onde différentes,
- on saisit le rayonnement réfléchi par les objets de l'environnement à l'aide d'au moins un capteur,
- à partir du rayonnement réfléchi, on forme des valeurs indexées, normalisées, et on les associe aux objets saisis de façon à saisir une image tridimensionnelle de l'environnement contenant des informations relatives à la position et à l'extension des objets dans l'environnement et de leur propriété de réflexion (de la valeur indexée normalisée).

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,

- on éclaire la culture agricole avec un rayonnement à au moins deux longueurs d'onde,
- on saisit le rayonnement réfléchi par la culture agricole à l'aide d'au moins un capteur,

- à partir du rayonnement réfléchi par la culture agricole, on déduit des valeurs indexées normalisées des propriétés de réflexion associées à la culture agricole.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
la saisie de l'environnement se fait à l'aide d'au moins un capteur comportant un miroir MEMS.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
à partir des valeurs de mesure du capteur et/ou de la valeur indexée normalisée des propriétés de réflexion, on déduit des informations concernant la nature et la taille des plantes de la culture agricole servant notamment à distinguer entre les plantes utiles et les mauvaises herbes dans la culture agricole.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
à partir de la hauteur des plantes et/ou de la valeur indexée normalisée, on déduit des informations concernant l'état de croissance respectif des plantes.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
à partir de la hauteur des plantes et/ou de la valeur indexée normalisée, on déduit des informations concernant l'attaque des plantes par des parasites.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
la culture agricole est saisie par au moins un capteur installé sur un support de capteur, le support étant réalisé soit comme appareil fixe, soit comme véhicule terrestre mobile, soit comme engin aérien.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
le support de capteur réalisé sous la forme d'un véhicule terrestre mobile, comporte au moins une installation de travail ou un outil, notamment un outil de coupe, et

en reconnaissant des mauvaises herbes pendant la saisie de la culture agricole, on élimine les mauvaises herbes détectées à l'aide de l'outil.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,

le support de capteur réalisé sous la forme d'un véhicule terrestre mobile comporte au moins une installation de travail ou un outil, notamment une charrue, et

on commande la position de travail de la charrue en fonction de signaux de capteur ou en fonction des propriétés de l'environnement déduites des signaux du capteur.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,

on règle la profondeur de la charrue en fonction des signaux du capteur.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,

le support de capteur, mobile, comporte au moins un outil, notamment une installation de pulvérisation, et

- lors de la détection d'une attaque de parasites, limitée localement pendant la saisie de la culture agricole, on applique sélectivement aux plantes attaquées par les parasites, un agent antiparasites.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,

les données recueillies par au moins un capteur pendant la saisie de la culture agricole, sont enregistrées sur un support de données, et

- ces données sont utilisées pour commander une machine de travail traitant la culture agricole, notamment un robot agricole, non piloté.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,

le capteur comporte des moyens déflecteurs (notamment des miroirs déflecteurs), qui peuvent être basculés ou tournés pour saisir une zone tridimensionnelle de l'environnement,

il comporte au moins un miroir MEMS pour dévier le rayonnement émis par le capteur sur la culture agricole.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
le capteur comprend un miroir semi-transparent installé dans le chemin du rayonnement entre deux émetteurs du capteur et le miroir déflecteur.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
le système comporte un support de capteur qui est au choix fixe, constitué par un véhicule terrestre mobile ou par un engin aérien.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
dans le cas d'un support de capteur réalisé comme véhicule terrestre mobile, le support de capteur comporte en plus un outil pour traiter les objets de l'environnement.

Suivant une autre caractéristique avantageuse de l'invention,
capteur comprenant une installation pour générer le rayonnement avec au moins deux longueurs d'onde différentes, notamment deux émetteurs optiques sous la forme de diodes semi-conductrices, au moins un miroir MEMS pour une déflexion en forme de trame du rayonnement émis par les émetteurs vers l'environnement à saisir et recevoir le rayonnement réfléchi par les objets de l'environnement ainsi qu'une installation pour exploiter le rayonnement réfléchi, notamment pour former une valeur indexée normée.

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre un système de saisie de cultures agricoles sous la forme d'une représentation schématique,
- la figure 2 montre la structure d'un capteur du système de l'invention,
- la figure 3 montre les valeurs indexées dans un système de coordonnées,
- la figure 4 montre une machine de travail agricole équipée d'un capteur,

- la figure 5 montre un ordinogramme.

Description de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 montre un système selon l'invention pour la saisie de cultures agricoles sous la forme d'une représentation schématique. Dans le sens de la présente invention, l'expression "cultures agricoles" désigne des cultures de plantes utiles cultivées en grande surface et notamment exploitées de manière intensive. Pour une économie optimale des cultures agricoles jusqu'à une prévision aussi fiable que possible des rendements, l'invention propose de saisir les propriétés si possible de chaque plante de la culture. Il s'agit notamment de l'emplacement précis de chaque plante ainsi que des caractéristiques définissant la nature ou l'état de croissance d'une plante. L'emplacement respectif peut être saisi en coordonnées absolues dans un système géographique et/ou en coordonnées relatives se référant par exemple à l'emplacement de la plante respective par rapport à une zone de terrain saisie. La nature de la plante et son état de croissance respectif ou de la progression de sa croissance, peuvent être saisis avantageusement par l'analyse du rayonnement réfléchi par la plante et qui est émis par au moins un capteur du système en direction de la plante qui réfléchit ce rayonnement. Cela permet de distinguer entre la plante et le terrain. En outre, on pourra distinguer des plantes utiles de plantes sauvages ou mauvaises herbes. Enfin, on peut également tirer des conclusions concernant l'état de croissance, le développement de la croissance, la demande éventuelle en amendement et le rendement prévisible de la récolte.

La référence 10 désigne une surface à usage agricole subdivisée par exemple en parcelles 10A, 10B, 10C, 10D. Des plantes utiles sont cultivées sur la surface 10 comme cela est par exemple indiqué pour les plantes utiles 2.1, 2.2, 2.3 de la parcelle 10A. Les références 2.4, 2.5 désignent des herbes sauvages parasites. Dans la surface à usage agricole 10, on a tracé à titre d'exemple un système de coordonnées rectangulaires d'axes x, y, z. Les axes x et y sont contenus dans la surface 10. La référence 1 désigne un support de capteur équipé d'au moins un capteur 1.2. Le support de capteur 1 est de préférence mobile. Le support de capteur 1 est par exemple une

machine agricole conduite par un conducteur et qui porte au moins un capteur 1.2. En variante, le support de capteur peut également être un robot agricole, non piloté, utilisé exclusivement pour effectuer des mesures mais aussi pour travailler des cultures, distribuer des amendements, irriguer, lutter contre les mauvaises herbes, faire des récoltes ou des opérations analogues. Pour cela, le support de capteur 1 est équipé d'au moins un outil 1.4 ou d'une combinaison de plusieurs outils. Il peut s'agir par exemple d'une installation d'épandage d'engrais, d'un outil de coupe pour couper des mauvaises herbes ou des moyens analogues. On peut également envisager un support de capteur 1, fixe, positionné à des intervalles courts ou longs, par exemple pour effectuer des travaux de mesure brefs ou pendant toute une période de végétation à un endroit déterminé de la surface 10.

La figure 2 montre la structure d'un capteur 1.2 particulièrement avantageux. Le composant de base du capteur 1.2 est au moins un miroir MEMS (miroir micromécanique) constituant un miroir de renvoi 25 basculé ou tourné par des moyens non représentés à la figure 2 par exemple dans une dimension ou de préférence dans deux dimensions. Le capteur 1.2 comprend au moins un émetteur 22, 23. De préférence toutefois, il comporte au moins deux émetteurs 22, 23 qui émettent un rayonnement à des fréquences différentes. Comme capteur 22, 23, on utilise avantageusement des diodes laser qui émettent le rayonnement dans la plage spectrale rouge et dans la plage du proche infrarouge. Les émetteurs 22, 23 émettent par exemple un rayonnement avec des longueurs d'onde de l'ordre de 660 nm et de 780 nm. La référence 24 désigne un miroir semi-transparent placé dans le chemin du faisceau émis par les émetteurs 22 et 23. La référence 26 désigne un récepteur recevant le rayonnement émis par les émetteurs 22, 23. La référence 21 désigne un objet qui représente par exemple les objets de la zone de saisie pour le capteur 1.2.

Le fonctionnement du capteur 1.2 représenté à la figure 2 sera brièvement décrit ci-après. Le rayonnement émis par les émetteurs 22, 23 est dirigé par le miroir semi-transparent 24 vers le miroir de déviation ou de renvoi 25 qui dévie ce rayonnement de préférence selon le principe du spot flottant pour une détection tramée de la zone de

saisie du capteur 1.2. La déviation du miroir déflecteur peut se faire de façon à traiter pratiquement un plan de la zone de saisie avec le rayonnement des émetteurs 22, 23. De façon particulièrement avantageuse, on réalise une déflexion bidimensionnelle ou rotation du miroir de renvoi 25 pour balayer une zone de saisie tridimensionnelle de l'environnement. Selon un exemple de réalisation particulièrement avantageux, on a un angle d'ouverture d'environ 60° dans le plan vertical et dans le plan horizontal. L'environnement est alors saisi avec une résolution de 3000 pixels et une fréquence de récurrence d'image d'environ 15 images par seconde (trames par seconde). Le rayonnement des émetteurs 22, 23 réfléchi par un objet 21 dans la zone de saisie, arrive par le miroir de renvoi 25 et le miroir semi-transparent 24 sur le récepteur 26 pour être détecté et ensuite traité. La mesure du temps de parcours du rayonnement émis par les émetteurs 22, 23 et réfléchi par l'objet 21, peut s'utiliser avantageusement pour saisir l'éloignement de l'objet 21.

Les plantes utiles 2.1, 2.2, 2.3 développées de manière intensionnelle sur la surface agricole 10 (figure 1) ainsi que les plantes sauvages non souhaitées 2.4 et 2.5, sont un objet à saisir sont particulièrement intéressant. A l'aide d'au moins un capteur 1.2 installé sur le support de capteur 1, on saisit la nouvelle position localisée des plantes utiles 2.1, 2.2, 2.3 ou des plantes sauvages 2.4, 2.5. Cela englobe également l'éloignement des plantes par rapport à l'emplacement du capteur 1.2 qui, comme déjà indiqué, est mesurable par une mesure de temps de parcours. La possibilité de détection tridimensionnelle permet également de déterminer la hauteur des plantes si on a saisi préalablement la surface du terrain. Les plantes sauvages ou mauvaises herbes qui se caractérisent généralement par une croissance particulièrement forte, peuvent se localiser et s'identifier d'une manière particulièrement facile.

L'utilisation d'au moins deux longueurs d'onde différentes pour les émetteurs 22, 23 du capteur 1.2, permet de saisir les propriétés de réflexion d'un objet à deux longueurs d'onde différentes. Cela permet avantageusement de distinguer encore plus précisément entre le sol du champ 10 et la végétation qui se développe

au-dessus du sol et de distinguer entre les types de végétation différents. En tenant compte d'au moins deux longueurs d'onde différentes à savoir, d'une longueur d'onde dans le proche infrarouge (appelée ci-après bande NIR) et une longueur d'onde de la plage rouge du spectre appelée ci-après bande rouge, selon la relation (1) donnée ci-après, on déduit une valeur d'index, normée NDVI qui est particulièrement significative.

$$(1)\ \mathrm{NDVI} = \frac{\mathrm{BandeNIR} - \mathrm{Bande\ rouge}}{\mathrm{BandeNIR} + \mathrm{Bande\ rouge}}$$

La valeur d'index NDVI utilise l'augmentation significative de la réflectivité de la chlorophylle dans le proche infrarouge du spectre et convient ainsi d'une manière particulièrement bonne pour distinguer notamment entre la surface du champ et la végétation qui y pousse. Cela sera décrit à titre d'exemple en se référant à la représentation de la figure 3. Dans cette figure, on a représenté par exemple les valeurs d'index du sol du champ obtenues avec le capteur 1.2 par détection de la parcelle 10B du champ 10 (figure 1). Et des mauvaises herbes 2.5 qui se sont développées. Cette représentation a la forme d'une mesure d'un nuage de point, c'est-à-dire d'un ensemble de points de mesure en trois dimensions 3D avec pour chaque point de mesure en 3D, la valeur NDVI calculée, associée. A partir de la valeur NDVI, on peut segmenter les plantes et le terrain et calculer les paramètres des plantes. La hauteur des plantes résulte par exemple de la différence maximale des points dans la direction de l'axe z du système de coordonnées.

Pour le terrain, on détermine par exemple une valeur relativement basse de la valeur d'index NDVI inférieure à 0,3. Pour les mauvaises herbes 2.5, on obtient en revanche une valeur d'index relativement élevée NDVI de l'ordre de 0,7. Le système selon l'invention permet en outre de saisir les coordonnées des mauvaises herbes 2.5 dans le système de coordonnées représenté, c'est-à-dire des valeurs x1 et y1. En outre, la détection spatiale de la zone de saisie du capteur 1.2, permet également de saisir la hauteur (coordonnée z1) des mauvaises herbes 2.5 par rapport à la surface du terrain. On améliore ainsi la possibilité de distinction entre les différents états d'une plante utile et

entre les plantes utiles et les herbes sauvages. On peut obtenir immédiatement de nombreux paramètres des plantes en particulier leur hauteur, leur extension, le nombre de feuilles, l'état de la floraison, le développement des fruits ou analogues, car on dispose d'un jeu complet d'informations tridimensionnelles et à partir de chaque mesure faite par le capteur 1.2, on peut calculer une représentation cartographique correspondante de la zone de végétation saisie. La saisie ou le calcul des paramètres mentionnés est fortement facilitée car chaque valeur de mesure peut être associée à une classe d'objet et un problème de segmentation qu'il faut le cas échéant prendre en compte est ainsi déjà résolu. Ce problème serait beaucoup plus difficile à résoudre, pour une simple mesure d'éloignement ou sur le fondement de simples informations de couleur. Grâce au capteur 1.2 installé sur un support de capteur 1, mobile, on peut détecter des informations par fusion de plusieurs mesures sur des surfaces de grandes dimensions telles que par exemple la totalité d'un champ. Pour des fins de documentation et d'analyse, on peut enregistrer les données de capteur saisies et le cas échéant déjà traitées et les stocker à long terme pour en disposer pour des mesures répétées à des instants ultérieurs ou pour des fins de traitement. La direction du capteur 1.2 peut être inclinée perpendiculairement vers le haut ou vers l'avant. Cette dernière variante, permet également une saisie prévisionnelle de l'environnement.

A la place d'un support de capteur 1 stationnaire ou mobile qui se déplace sur le champ, on peut également envisager d'utiliser un engin aérien avec ou sans pilote comme porteur d'au moins un capteur 1.2. Cela permet une saisie encore plus rapide et plus économique de cultures agricoles.

Pour des supports de capteur de n'importe quel type, qu'ils soient fixes ou mobiles comme des engins terrestres ou des engins aériens, il est avantageux d'utiliser un système de navigation par satellite car cela permet de déterminer la position d'une manière particulièrement précise pour des mesures reproductibles. Cela est particulièrement important si les mesures sont répétées à des intervalles. Comme le montre schématiquement la figure 1, le support

de capteur 1 est ainsi équipé d'un système de navigation 1.3 saisissant par l'intermédiaire d'au moins une antenne 1.1, les signaux d'au moins un satellite 3 qui émet des signaux par une antenne 3.1.

De façon particulièrement avantageuse, les données de mesure saisies par le capteur 1.2 peuvent servir à des exploitations statistiques concernant par exemple le développement de plantes utiles, le développement des mauvaises herbes, le développement des parasites des plantes, l'efficacité d'épandage d'engrais, l'utilisation de moyens de lutte contre les mauvaises herbes et les parasites, ainsi que la prévision de rendements de récolte. L'utilisation de l'invention permet d'obtenir des résultats beaucoup plus précis que les procédés habituels.

Les valeurs de mesure saisies peuvent également s'utiliser avantageusement pour travailler des cultures agricoles. Cela peut se faire par exemple en temps réel si le support de capteur est équipé d'installations de travail ou d'outils appropriés. Ainsi, par exemple, immédiatement après la saisie et l'exploitation des valeurs de mesure, on peut faire une intervention active correspondante. C'est ainsi que par exemple, directement, on pourra distribuer des engrais à des plantes qui le nécessitent. En outre, on pourra éliminer les mauvaises herbes perturbant la végétation directement après la saisie. On peut également utiliser des moyens sélectifs de lutte contre les mauvaises herbes et les parasites. Par une distribution sélective et limitée localement, on économise non seulement un coût de traitement, mais on améliore également fortement la protection de l'environnement et en particulier la protection de l'eau car, le cas échéant, les moyens sollicitant l'environnement, seront distribués d'une façon beaucoup plus réduite. La saisie plus précise des données permet également un travail de la surface à usage agricole distinct de la saisie des valeurs de mesure. Les valeurs de mesure obtenues permettent en effet une commande extrêmement précise d'un robot agricole qui aura par exemple à effectuer les étapes de travail suivantes à un instant ultérieur ou encore répéter certaines opérations de travail. Les valeurs de mesure obtenues permettent de reconnaître de façon très précise par exemple des sillons dans les champs ou des rangées de plantes sur pied et servir à la commande du robot. On peut également envisager une application

à des robots de tonte fonctionnant de manière autonome et saisissant automatiquement la surface de gazon à couper, ainsi que les obstacles équipant la surface et leur limitation.

Une application particulièrement avantageuse de l'invention pour le travail d'une surface à usage agricole, sera décrite ci-après en référence aux figures 4 et 5. L'invention s'applique tout particulièrement pour la régulation de la profondeur de labour. La figure 4 montre un champ 40 comme surface agricole à travailler. Un tracteur 41 parcourt le champ 40 et laboure avec une charrue 41.4 attelée. La charrue 41.4 est équipée d'une installation de levage 41.2 par exemple à commande hydraulique fixée au tracteur 41. L'installation de levage 41.2 permet de relever et d'abaisser la charrue 41.4 dans la direction de la double flèche 41.3. La référence 42 désigne la position de l'installation de la charrue 41.4 qui se trouve sensiblement au milieu entre deux valeurs extrêmes du débattement. La référence 41.1 désigne par exemple un capteur 41.1 installé dans la cabine du conducteur du tracteur 41, ce capteur saisit l'environnement du tracteur 41 au moins dans une plage angulaire w1. A partir des données de mesure du capteur 41.1, on peut saisir une installation d'exploitation non représentée à la figure 4 de la surface 43 du champ 40. Comme grâce aux données de mesure du capteur 41.1, on connaît la position précise de la surface 43 du champ et à partir de la position de l'installation de levage 41.2, on connaît la position de montage de la charrue 41.4, en commandant de manière appropriée l'installation de levage 41.2, on peut régler et réguler la profondeur de labour en fonction des données de mesure fournies par le capteur 41.1. Comme le capteur 41.1 saisit l'environnement en trois dimensions, on peut également surveiller la disposition des socs de charrue et le cas échéant les modifier si la charrue 41.4 comporte une installation de réglage appropriée. Comme le capteur 41.1 permet également de saisir la position des sillons et les limites du champ 40, lorsqu'on atteint le bord du champ, on peut également commander le relevage nécessaire de la charrue en fonction des données de mesure correspondantes fournies par le capteur 41.1. En variante et/ou en plus, on peut également soutenir le relevage de la charrue puis, son abaissement, dans un

nouveau sillon à tracer, en utilisant les valeurs de mesure fournies par un capteur angulaire (s), qui saisit par exemple la manœuvre de retournement que lance le tracteur 41. Si lors du labour d'un champ 40, on ne veut saisir aucune différence de végétation, le capteur 41.1 peut s'utiliser comme capteur plus simple qui saisit l'environnement avec seulement une longueur d'onde. A la place d'un tel laser d'image, on peut également utiliser comme capteur, les dispositifs de mélange de photon (dispositif PMD) ou aussi une caméra vidéo stéréoscopique.

En référence à l'ordinogramme 50 présenté à la figure 5, on décrira ci-après une phase d'apprentissage permettant de régler la profondeur de labour souhaitée. La phase d'apprentissage commence par l'étape 51. A ce moment, la charrue 41.4 attelée à l'installation de levage 41.2 du tracteur 41 n'est pas encore dans sa position de transport qui correspond sensiblement à la hauteur de levage maximale de l'installation de levage 41.2. Le capteur 41.1 saisit la surface 43 du champ 40 et mesure la position de montage 42 de la charrue 41.4. Puis, dans l'étape 52, on descend la charrue 41.4 et dans l'étape 53, on règle une profondeur de consigne. Dans l'étape 54, on décide si la phase d'apprentissage est terminée et ainsi par l'étape 54A, on passe à l'étape 55. Si la phase d'apprentissage n'est pas terminée avec succès, on revient par l'étape 54B à l'étape 52. Lorsque la phase d'apprentissage s'est terminée avec succès, on peut poursuivre le labour. Grâce à la surveillance permanente à l'aide du capteur 41.4 et de la commande de l'installation de levage 41.2 effectuée en fonction des données de mesure fournies par le capteur 41.4, on peut également maintenir une profondeur de labour aussi constante que possible, bien que les conditions de sol se soient modifiées.

La description ci-dessus a concerné l'application de l'invention donnée à titre d'exemple pour le réglage et le maintien de la profondeur de labour. Mais l'invention n'est pas limitée à cet exemple. La position de travail permet également de réguler avec le même succès, d'autres appareils à usage agricole tels que par exemple les herses et les andaineuses.

De manière particulièrement avantageuse, l'invention peut également s'appliquer à d'autres machines de récolte pour

lesquelles il faut une régulation précise de la profondeur d'utilisation d'outils et assurer une régulation exacte de niveau. Il s'agit par exemple de la pose de conduites d'alimentation de tout type à une profondeur définie sous la surface ou aussi pour aplanir régulièrement des bosses et des creux dans la terre.

Des développements avantageux de l'invention peuvent utiliser plus de deux capteurs pour, de cette manière, assurer une séparation encore plus pointue entre les sols cultivés et les différents types de végétation. C'est ainsi que par exemple, on pourrait différencier encore de manière plus précise entre les plantes utiles et plusieurs types d'herbes sauvages. De façon préférentielle, la longueur d'onde des capteurs appropriés se situe dans la plage comprise entre 550 nm et 800 nm.

Un capteur particulièrement avantageux pour la mise en œuvre du procédé de l'invention, comprend ainsi une installation générant un rayonnement avec au moins deux longueurs d'onde différentes en particulier deux capteurs optiques sous la forme de diodes semi-conductrices, d'au moins un miroir MEMS pour le balayage tramé de l'environnement à saisir par le rayonnement émis par les émetteurs et la réception du rayonnement réfléchi par les objets vers l'environnement. L'invention concerne également une installation d'exploitation du rayonnement réfléchi en particulier, pour former une valeur d'index normée.

REVENDICATIONS

1°) Système de saisie de l'environnement à l'aide d'au moins un capteur qui éclaire l'environnement avec un rayonnement à au moins deux longueurs d'onde différentes et exploite le rayonnement réfléchi par les objets de l'environnement, mesure l'éloignement de l'objet et déduit une valeur indexée normée associée à l'objet respectif,
système caractérisé en ce que
le capteur comprend un miroir déflecteur qui peut être basculé ou tourné pour saisir une zone tridimensionnelle de l'environnement, ainsi qu'un miroir semi-transparent installé dans le chemin du rayonnement entre deux émetteurs du capteur et le miroir déflecteur.

2°) Système selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
il comporte au moins un miroir MEMS pour dévier le rayonnement émis par le capteur sur la culture agricole.

3°) Système selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le système comporte un support de capteur qui est au choix fixe, constitué par un véhicule terrestre mobile ou par un engin aérien.

4°) Système selon la revendication 3,
caractérisé en ce que
dans le cas d'un support de capteur réalisé comme véhicule terrestre mobile, le support de capteur comporte en plus un outil pour traiter les objets de l'environnement.

5°) Procédé de saisie de l'environnement en utilisant un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce qu'
- on éclaire l'environnement avec un rayonnement d'un capteur,
- à l'aide du rayonnement réfléchi par l'environnement, on forme une image tridimensionnelle de l'environnement, et

- à partir de l'image de l'environnement, on déduit les propriétés de l'environnement et des objets qui s'y trouvent.

6°) Procédé de saisie de l'environnement en utilisant un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce qu'
- on éclaire l'environnement avec le rayonnement d'un capteur,
- à l'aide du rayonnement réfléchi par l'environnement, on forme une image tridimensionnelle de l'environnement,
- à partir de l'image de l'environnement, on déduit les propriétés de l'environnement et/ou des objets contenus dans l'environnement, et
- en fonction des signaux de capteur réfléchis et exploités ou des propriétés de l'environnement que l'on en déduit et/ou des objets qui s'y trouvent, on commande des machines de travail ou des moyens analogues.

7°) Procédé de saisie de l'environnement en utilisant un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
selon lequel
- on éclaire l'environnement avec au moins deux longueurs d'onde différentes,
- on saisit le rayonnement réfléchi par les objets de l'environnement à l'aide d'au moins un capteur,
- à partir du rayonnement réfléchi, on forme des valeurs indexées, normalisées, et on les associe aux objets saisis de façon à saisir une image tridimensionnelle de l'environnement contenant des informations relatives à la position et à l'extension des objets dans l'environnement et de leur propriété de réflexion (de la valeur indexée normalisée).

8°) Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, selon lequel l'environnement est une culture agricole,
procédé caractérisé en ce qu'
- on éclaire la culture agricole avec un rayonnement à au moins deux longueurs d'onde,

- on saisit le rayonnement réfléchi par la culture agricole à l'aide d'au moins un capteur,
- à partir du rayonnement réfléchi par la culture agricole, on déduit des valeurs indexées normalisées des propriétés de réflexion associées à la culture agricole.

9°) Procédé selon l'une des revendications 5 à 7,
caractérisé en ce que
la saisie de l'environnement se fait à l'aide d'au moins un capteur comportant un miroir MEMS.

10°) Procédé selon la revendication 8,
caractérisé en ce qu'
à partir des valeurs de mesure du capteur et/ou de la valeur indexée normalisée des propriétés de réflexion, on déduit des informations concernant la nature et la taille des plantes de la culture agricole servant notamment à distinguer entre les plantes utiles et les mauvaises herbes dans la culture agricole.

11°) Procédé selon l'une des revendications 7 et 8,
caractérisé en ce qu'
à partir de la hauteur des plantes et/ou de la valeur indexée normalisée, on déduit des informations concernant l'état de croissance respectif des plantes.

12°) Procédé selon l'une des revendications 7 et 8,
caractérisé en ce qu'
à partir de la hauteur des plantes et/ou de la valeur indexée normalisée, on déduit des informations concernant l'attaque des plantes par des parasites.

13°) Procédé selon la revendication 8,
caractérisé en ce que

la culture agricole est saisie par au moins un capteur installé sur un support de capteur, le support étant réalisé soit comme appareil fixe, soit comme véhicule terrestre mobile, soit comme engin aérien.

14°) Procédé selon la revendication 13,
caractérisé en ce qu'
le support de capteur réalisé sous la forme d'un véhicule terrestre mobile, comporte au moins une installation de travail ou un outil, notamment un outil de coupe, et
en reconnaissant des mauvaises herbes pendant la saisie de la culture agricole, on élimine les mauvaises herbes détectées à l'aide de l'outil.

15°) Procédé selon la revendication 13,
caractérisé en ce que
le support de capteur réalisé sous la forme d'un véhicule terrestre mobile comporte au moins une installation de travail ou un outil, notamment une charrue, et
on commande la position de travail de la charrue en fonction de signaux de capteur ou en fonction des propriétés de l'environnement déduites des signaux du capteur.

16°) Procédé selon la revendication 15,
caractérisé en ce qu'
on règle la profondeur de la charrue en fonction des signaux du capteur.

17°) Procédé selon la revendication 13,
caractérisé en ce que
le support de capteur, mobile, comporte au moins un outil, notamment une installation de pulvérisation, et

- lors de la détection d'une attaque de parasites, limitée localement pendant la saisie de la culture agricole, on applique sélectivement aux plantes attaquées par les parasites, un agent antiparasites.

18°) Procédé selon la revendication 8,

caractérisé en ce que
les données recueillies par au moins un capteur pendant la saisie de la culture agricole, sont enregistrées sur un support de données, et

- ces données sont utilisées pour commander une machine de travail traitant la culture agricole, notamment un robot agricole, non piloté.

19°) Capteur pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 5 à 18, comprenant une installation pour générer le rayonnement avec au moins deux longueurs d'onde différentes, notamment deux émetteurs optiques sous la forme de diodes semi-conductrices, au moins un miroir MEMS pour une déflexion en forme de trame du rayonnement émis par les émetteurs vers l'environnement à saisir et recevoir le rayonnement réfléchi par les objets de l'environnement ainsi qu'une installation pour exploiter le rayonnement réfléchi, notamment pour former une valeur indexée normée.

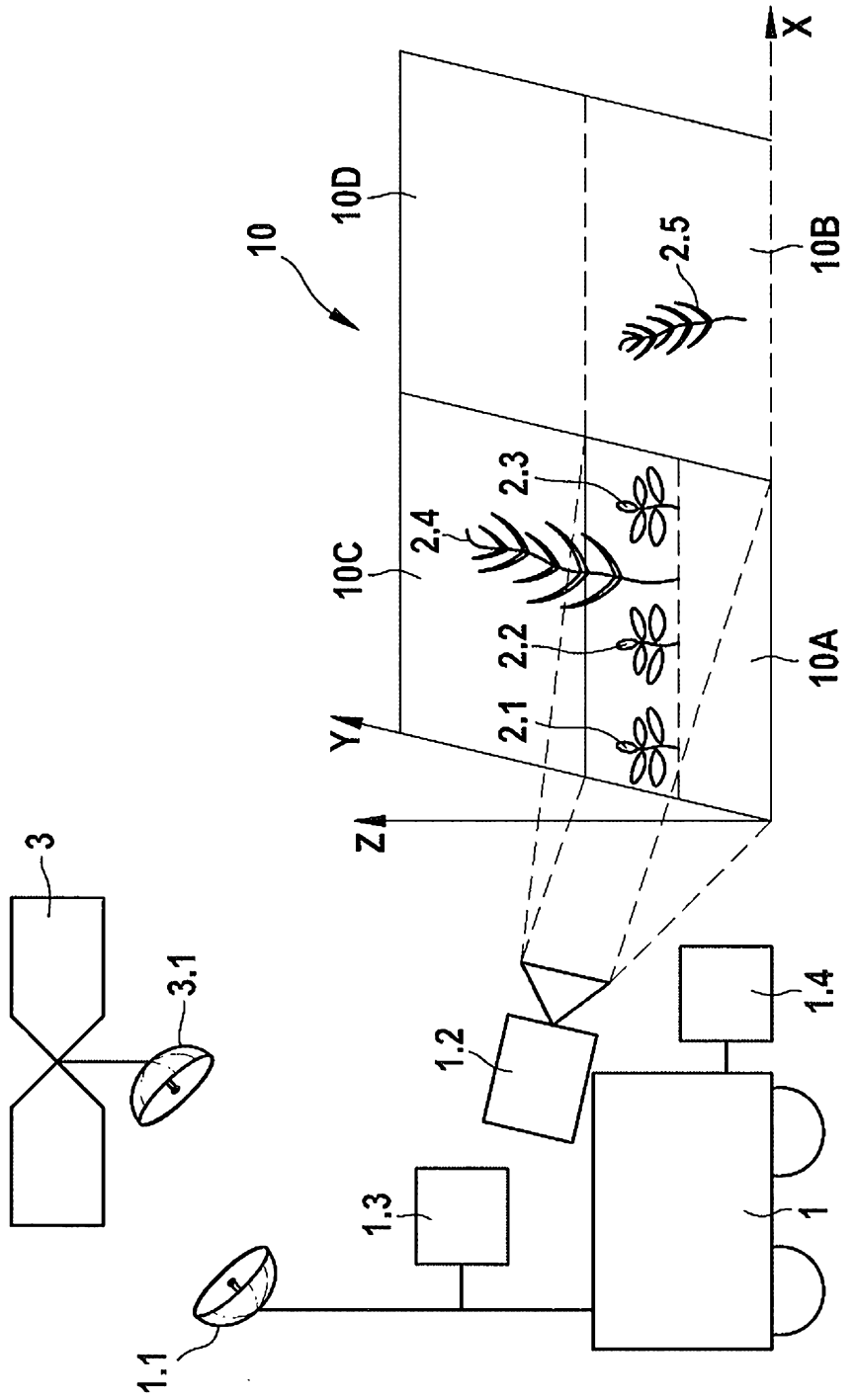


Fig. 1

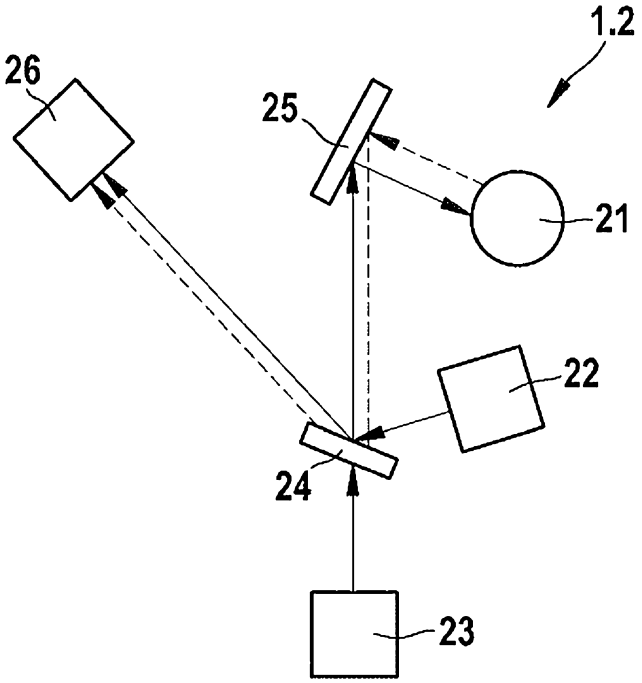


Fig. 2

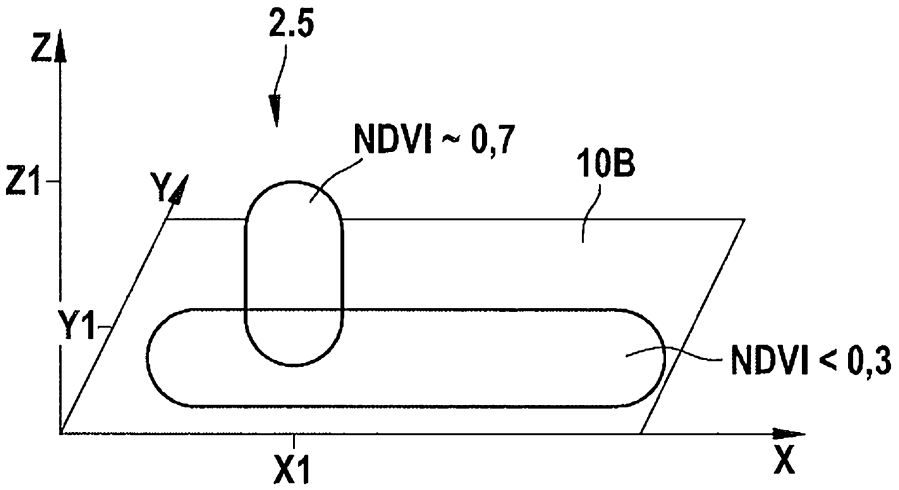


Fig. 3

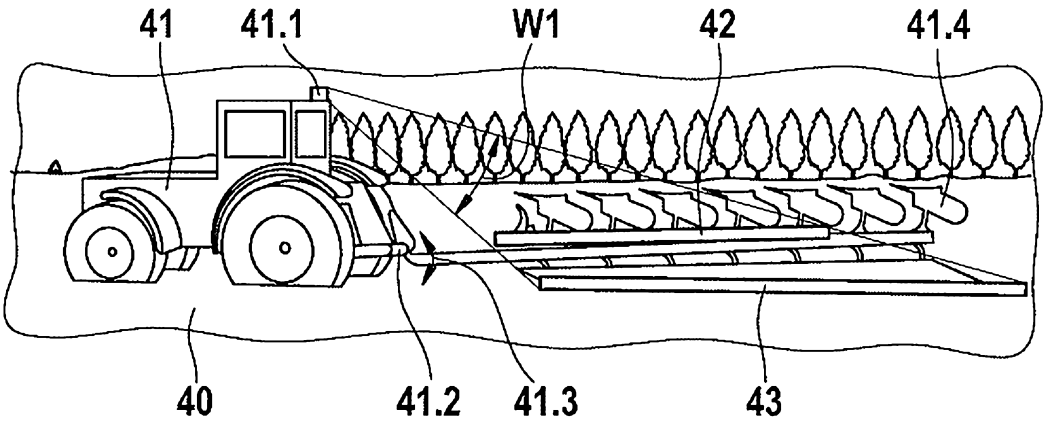


Fig. 4

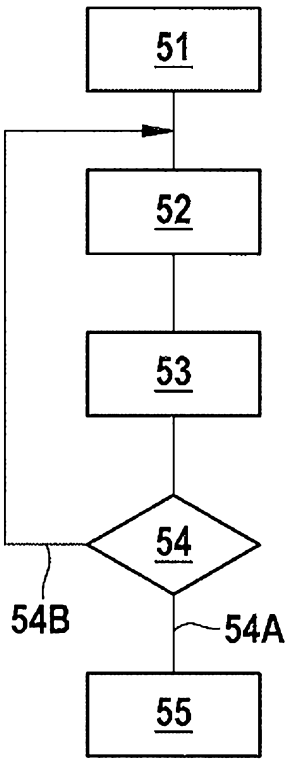


Fig. 5

N° d'enregistrement national : 1052376 N° de publication : 2944111

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.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 (nouveauté) 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'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT 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 CITÉS DANS LE PRÉSENT 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.

N° d'enregistrement national : 1052376 N° de publication : 2944111

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

WO 9602817 A1 (PATCHEN INC [US])
01 février 1996 (1996-02-01)

US 2003019152 A1 (RAUN WILLIAM R [US] ET AL.)
30 janvier 2003 (2003-01-30)

US 6862083 B1 (MCCONNELL SR ROBERT E [US] ET AL.)
01 mars 2005 (2005-03-01)

WO 02091823 A1 (KUEMMEL KNUT [DE])
21 novembre 2002 (2002-11-21)

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

EP 0887660 A2 (CLAAS SELBSTFAHR ERNTEMASCH [DE])
30 décembre 1998 (1998-12-30)

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

NEANT