

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

①1 N° de publication :

**3 035 722**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

**15 53929**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 S 13/88** (2015.01), G 01 S 13/90, G 06 Q 50/02

①2

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 **SYSTEME ET PROCEDE D'ESTIMATION DU RENDEMENT D'UNE PARCELLE CULTIVEE.**

②2 **Date de dépôt** : 30.04.15.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public  
de la demande** : 04.11.16 Bulletin 16/44.

④5 **Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention** : 15.05.20 Bulletin 20/20.

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)** : *OVALIE INNOVATION Société par  
actions simplifiée* — FR.

⑦2 **Inventeur(s)** : VERONESE THIERRY, HENRY  
DOMINIQUE et AUBERT HERVE.

⑦3 **Titulaire(s)** : *OVALIE INNOVATION Société par  
actions simplifiée.*

⑦4 **Mandataire(s)** : REGIMBEAU.

**FR 3 035 722 - B1**



## DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

L'invention concerne le domaine de l'imagerie radar appliquée à l'agriculture et notamment au domaine des fruits et légumes en vue de connaître leurs rendements avant les récoltes.

### 5 ETAT DE LA TECHNIQUE

Dans le domaine de l'agriculture, les exploitants agricoles ont besoin d'estimer le rendement agricole d'une parcelle cultivée afin d'évaluer quelle sera la récolte. On précise qu'un rendement agricole est une quantité de produit récolté ramenée à une unité de surface d'une parcelle cultivée donnée (Ex : Tonnes / hectar, Quintaux / ha).

10 En particulier, dans le domaine des cultures de fruit ou de légume il est intéressant pour un exploitant de pouvoir recueillir rapidement et précisément des données comme la quantité de fruits ou légumes, le poids de chacun à différents stades du développement (formation, plateau et maturité) afin d'établir des cartographies de rendement parcelle par parcelle et/ou à l'intérieur d'une même parcelle agricole et ainsi, de prévoir jusqu'à un ou  
15 deux mois à l'avance ce que rapporteront les récoltes.

A cet effet, on connaît une solution selon laquelle un piéton parcourt une parcelle d'un champ cultivé et mesure au moyen d'un capteur dédié le poids de plusieurs fruits / légumes ainsi que leur nombre afin de déterminer le rendement de la parcelle cultivée.

20 Une telle solution est contraignante et peu fiable. En outre, cette solution peut abimer/détruire les fruits/légumes ou obliger d'effeuiller les plantes afin de permettre à l'opérateur et au capteur d'accéder visuellement aux fruits

### PRESENTATION DE L'INVENTION

25 Un des buts de l'invention est de proposer une solution qui permet d'estimer un rendement d'une parcelle agricole.

A cet effet, l'invention propose selon un premier aspect, un système d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée comprenant une pluralité de cultures, le système comprenant :

- 30 - un radar à onde millimétrique et à large bande configuré pour fournir une image d'au moins une culture ;
- une unité de traitement configurée pour mettre en œuvre des étapes de :
  - acquisition d'au moins une image d'au moins une culture au moyen du radar ;
  - traitement de l'image acquise pour en extraire au moins une donnée  
35 représentative du rendement de la parcelle cultivée ;

- détermination du rendement de la parcelle cultivée à partir des données extraites.

De manière avantageuse, le radar est un radar à ondes continues modulées en fréquence et/ou à ondes millimétriques, pouvant fonctionner dans une bande de fréquences comprise entre 24 GHz et 80 GHz (typiquement 30 GHz).

Selon un autre aspect l'invention concerne un procédé d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée comprenant une pluralité de cultures au moyen d'un système selon l'invention, le procédé comprenant des étapes de :

- acquisition d'au moins une image d'au moins une culture de la parcelle cultivée au moyen du radar ;
- traitement de l'image acquise pour en extraire au moins une donnée représentative du rendement de la parcelle cultivée ;
- détermination du rendement de la parcelle cultivée à partir du nombre de cultures et de leur parcelle.

De manière avantageuse, les données représentatives du rendement comprennent : un nombre de cultures présentes sur l'image, la taille de chaque culture, le volume de chaque culture, le poids de chaque culture.

De manière avantageuse, l'acquisition consiste à déplacer le radar dans la parcelle cultivée d'une position à une autre de manière obtenir des images de culture(s) pour chaque position du radar, le radar balayant la parcelle cultivée à partir de chaque position.

De manière avantageuse, l'image acquise est constituée de plusieurs zones de contrastes différentes, le traitement de l'image acquise consiste à identifier des zones qui correspondent à une culture.

Selon un autre aspect, l'invention concerne l'utilisation d'un procédé selon l'invention, pour estimer par exemple le rendement agricole d'une parcelle viticole, les cultures étant dans ce cas des grappes de raisins de ceps de vigne.

L'invention permet de recueillir rapidement et précisément des données afin de d'anticiper ce que donneront les récoltes en termes de volume global (rendement) et de qualité associée.

En outre, l'invention n'abime pas les fruits/légumes et les arbres, plants ou pieds car elle s'effectue sans contact (à distance) et sans effeuillage

Ainsi, l'invention permet de pouvoir fournir à l'ensemble des acteurs de la filière agricole impliqués dans l'estimation d'un rendement, un système et un procédé fiables et rapides permettant des pronostics précoces.

Appliquée à la viticulture, l'invention permet notamment de recueillir rapidement et précisément des données comme la quantité de raisins sur des ceps de vigne, le poids des grappes à différents stades du développement (formation, plateau et maturité) et ainsi de prévoir jusqu'à un ou deux mois à l'avance ce que rapporteront les vendanges sur des parcelles de plusieurs milliers de pied et les stratégies de récolte et de logistique de transport/stockage qui seront développées.

En effet, dans le domaine de la viticulture, avoir un système et un procédé capables de recueillir rapidement et précisément des données comme la quantité de raisins sur des ceps de vigne est un atout majeur pour l'entreprise concernée. Un tel système, pour un spécialiste viticole, permet en effet de connaître le poids des grappes à différents stades du développement (formation, plateau et maturité) et ainsi de prévoir jusqu'à un ou deux mois à l'avance ce que rapporteront les vendanges sur des parcelles de plusieurs milliers de pieds.

Une même logique peut s'appliquer à tout type de culture fruitière ou légumière.

#### 15 PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 20 - La figure 1 illustre un système d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée ;
- La figure 2 illustre des étapes d'un procédé d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée ;
- La figure 3 illustre une parcelle cultivée ;
- La figure 4 illustre une image acquise au cours d'un procédé d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée ;
- 25 - La figure 5 illustre un pied de vigne d'une parcelle cultivée.

Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

#### DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

30 Est illustré sur la **figure 1** un système d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée comprenant un radar 1 à onde millimétrique ou microonde et à large bande de fréquence configuré pour fournir une image tridimensionnelle ou bidimensionnelle de la parcelle cultivée et une unité 2 de traitement configurée pour mettre en œuvre des étapes d'un procédé d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée qui sera décrit ci-après.

35

Ce système comprend en outre une mémoire 3, qui permet de stocker des images acquises par le radar 1 et un logiciel qui contrôle l'unité 2 de traitement pour qu'elle mette en œuvre le procédé d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée. Le système comprend en outre éventuellement un outil 4 d'interaction avec un utilisateur permettant à un opérateur de visualiser des images acquises, de rentrer des données ou de paramétrer le logiciel. Il s'agit par exemple d'un clavier associé à un écran.

Le radar est de préférence un radar à ondes continues, de préférence modulées en fréquences (en anglais, « *Frequency-Modulated Continuous Wave* », (FMCW)).

Et encore plus préférentiellement, il s'agit d'un radar à ondes millimétriques ou microondes, typiquement fonctionnant dans une bande de fréquences centrée sur 24 GHz ou 77GHz voire des fréquences plus élevées (120 GHz par exemple). Le radar est à balayage électronique ou mécanique et se déplace (mouvement de translation par exemple) afin d'accroître la résolution spatiale de la mesure. Cette technique d'imagerie radar est connue sous le nom de méthode SAR (Synthetic Aperture Radar). Bien que très largement utilisée par les imageurs satellitaires elle n'a jamais été appliquée à l'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée.

L'utilisation du radar 1 présente l'avantage d'être sans contact avec les cultures présentes sur la parcelle cultivée de sorte qu'elles ne sont pas endommagées au cours des différentes mesures.

En relation avec la **figure 2**, un procédé d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée comprend les étapes suivantes.

On a illustré sur la **figure 3** une parcelle cultivée qui a titre d'exemple non limitatif comprend des pieds de vignes plantés selon plusieurs rangées.

Le procédé comprend une première étape E1 d'acquisition d'au moins une image tridimensionnelle de la parcelle cultivée au moyen du radar. Le radar est posé au sol à proximité de la parcelle cultivée. Il est notamment posé à un endroit lui permettant d'acquérir au mieux la parcelle cultivée.

En particulier, l'étape E1 d'acquisition consiste à balayer la parcelle cultivée pour laquelle on souhaite estimer le rendement.

Une image acquise par le radar est typiquement bidimensionnelle (2D) ou tridimensionnelle (3D).

En outre, l'image acquise comprend plusieurs zones de contrastes. Cette image est une représentation spatiale du niveau de l'écho radar (ou de rétrodiffusion électromagnétique) en tout point d'un espace éclairé par l'onde émise par le radar. Lorsqu'un point de cet espace appelé ici *pixel* rétrodiffuse fortement cette onde il apparait

comme un point brillant dans l'image tandis qu'un pixel peu réfléchissant est visualisé comme un point sombre dans cette image. Par exemple, une grappe de raisin (ou un ensemble de grappes de raisin) sera donc vue comme une collection compacte de points brillants occupant un certain volume dans l'image radar. Ce volume est corrélé au volume physique de la grappe (ou de l'ensemble des grappes) de sorte que sa mesure permet en principe de déduire le volume physique de la grappe (ou de l'ensemble des grappes). Le traitement de l'image radar (Cf. la méthode SAR) permet de minimiser l'impact du clutter, comme par exemple le feuillage, les piquets, des fils de fer, ou les zones boisées (pieds de vigne), sur l'estimation de volume d'intérêt. Cette technique d'estimation sans contact du volume est applicable à tout autre fruit ou légume en fonction de la parcelle cultivée considérée.

La **figure 4** illustre une image 2D acquise au cours du procédé et la **figure 5** illustre un pied de vigne comprenant des feuillages 7 et des grappes 3 ainsi que toutes les infrastructures 8 nécessaires à la bonne croissance.

Sur la figure 4, l'image radar à droite est celle d'un feuillage comportant trois grappes 6 de raisins. La signature ou écho radar du feuillage 7 est mesurable mais d'une intensité plus faible que celle des trois grappes 6.

Cette image acquise est dans une deuxième étape E2 traitée pour en extraire des données représentatives du rendement de la parcelle cultivée. Cette étape consiste à appliquer la méthode SAR (en anglais, « *Synthetic Aperture Radar* ») qui tire parti du balayage (mécanique ou électronique) de l'antenne du radar pour accroître le contraste entre signature radar de la cible d'intérêt (par exemple la grappe de raisin) et celle de son environnement. Ce balayage peut être conjugué à un mouvement de translation de l'antenne afin d'accroître davantage la résolution de la mesure à distance de volume.

Des données représentatives du rendement sont notamment : un nombre de cultures présentes sur la parcelle cultivée, la taille de chaque parcelle, le poids de chaque culture.

En viticulture, la définition générale du rendement est le poids de la vendange par unité de surface, l'hectare. A l'échelle de la souche de vigne, les composantes du poids de récolte sont le nombre de grappes, le nombre moyen de baies par grappe et le poids moyen des baies. A l'échelle de l'hectare, s'ajoute à ces composantes le nombre de souches.

De manière avantageuse, l'acquisition consiste à déplacer le radar dans la parcelle cultivée d'une position à une autre position de manière obtenir des images de culture(s) pour chaque position du radar, le radar balayant la parcelle cultivée à partir de chaque position.

Ainsi, le radar est mobile dans la parcelle cultivée selon deux configurations possibles :

- 5 - selon une première configuration : le radar est immobile et placé devant un ensemble de cultures (par exemple des ceps de vigne), ce dernier effectue alors un balayage mécanique ou électronique pour réaliser une image radar de la scène à partir de laquelle le rendement sera estimé (en particulier, le volume des grappes des ceps de vigne). Une fois l'image acquise, le radar sera alors déplacé de quelques mètres (par exemple, le long d'un sillon) et procédera à l'acquisition d'une nouvelle image et ainsi de suite. Cette configuration est dite de proche en proche ;
- 10 - selon une seconde configuration : le radar sera mobile et placé sur un véhicule en mouvement (par exemple, le long d'un sillon) : le radar balayera la scène tout en subissant les secousses liées au déplacement du véhicule portant le radar. Cette configuration est dite dynamique.

15 Afin de permettre le déplacement du radar, on pourra prévoir de placer le radar sur un véhicule ou robot mobile (télécommandé à distance ou bien motorisé avec chauffeur du type quad, en tout état de cause, le véhicule devra être adapté à se déplacer dans la parcelle cultivée). Le radar est muni d'un dispositif permettant de connaître précisément son déplacement afin d'en tenir compte lors du traitement de l'image.

20 Le procédé comprend une troisième étape E3 de détermination du rendement du rendement de la parcelle cultivée.

Le rendement est notamment obtenu par le produit suivant : volume d'une culture x nombre de culture (fruit ou légume) par unité de surface (m<sup>2</sup>, Ha) X taille de la parcelle cultivée X masse volumique de la culture (fruit ou légume).

25 Et en particulier, s'agissant de raisins, le rendement est obtenu par le produit suivant : nombre de grappe x poids de la grappe x parcelle cultivée.

30 Le poids de la grappe est notamment une extrapolation des données extraites fonction de l'âge de la parcelle cultivée. Le poids de la grappe ou du fruit résulte de la mesure, soit de la correspondance entre le volume estimé par le radar et la masse volumique connue des produits mesurés. Le poids peut être obtenu à partir d'une banque de données conséquentes ou calculées à partir d'un facteur de grossissement des cultures basés, là aussi, sur des résultats moyens historiques (minimum de 10 ans).

35

## REVENDICATIONS

- 5 1. Système d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée comprenant une pluralité de cultures, le système comprenant :
- un radar (1) à ondes continues modulées en fréquence configuré pour fournir une image d'au moins une culture ;
  - une unité (2) de traitement configurée pour mettre en œuvre des étapes de :
    - 10 - acquisition (E1) d'au moins une image d'au moins une culture au moyen du radar ;
    - traitement (E2) de l'image acquise pour en extraire au moins une donnée représentative du rendement de la parcelle cultivée ;
    - détermination (E3) du rendement de la parcelle cultivée à partir des données extraites.
- 15
2. Procédé d'estimation du rendement agricole d'une parcelle cultivée comprenant une pluralité de cultures au moyen d'un système la revendication 1, le procédé comprenant des étapes de :
- 20 - acquisition (E1) d'au moins une image d'au moins une culture de la parcelle cultivée au moyen du radar ;
  - traitement (E2) de l'image acquise pour en extraire au moins une donnée représentative du rendement de la parcelle cultivée ;
  - détermination (E3) du rendement de la parcelle cultivée à partir du nombre de cultures et de leur parcelle.
- 25
3. Procédé selon la revendication 25, dans lequel les données représentatives du rendement comprennent : un nombre de cultures présentes sur l'image, la taille de chaque culture, le volume de chaque culture, le poids de chaque culture.
- 30 4. Procédé d'estimation selon l'une des revendications 2 à 3, dans lequel l'acquisition consiste à déplacer le radar dans la parcelle cultivée d'une position à une autre de manière obtenir des images de culture(s) pour chaque position du radar, le radar balayant la parcelle cultivée à partir de chaque position.

5. Procédé d'estimation selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel l'image acquise est constituée de plusieurs zones de contrastes différentes, le traitement de l'image acquise consiste à identifier des zones qui correspondent à une culture.
- 5 6. Utilisation d'un procédé selon l'une des revendications 2 à 5, pour estimer le rendement agricole d'une parcelle de fruits ou de légumes

1/4

FIG. 1

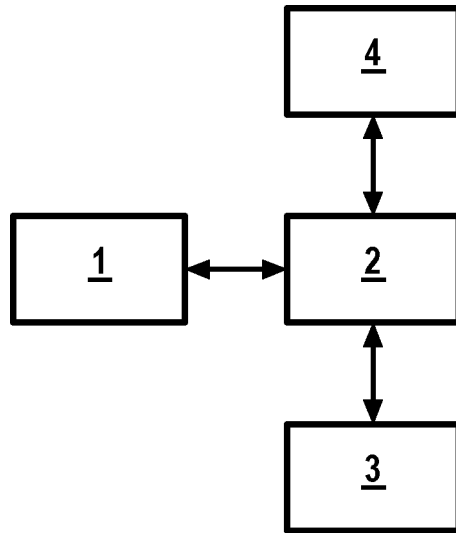


FIG. 2

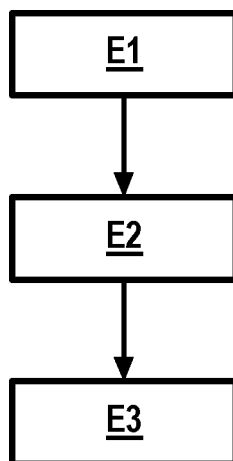


FIG. 3

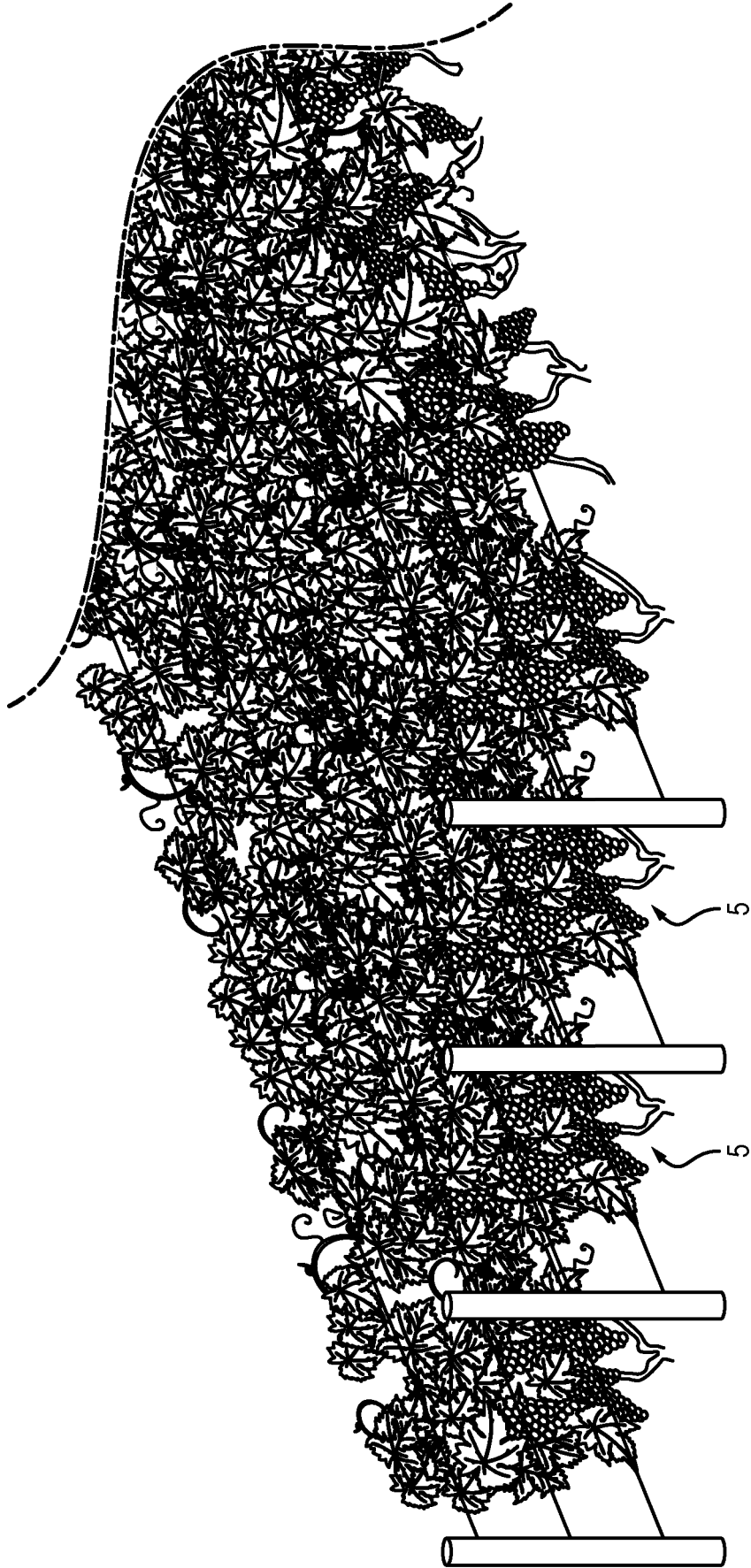


FIG. 4

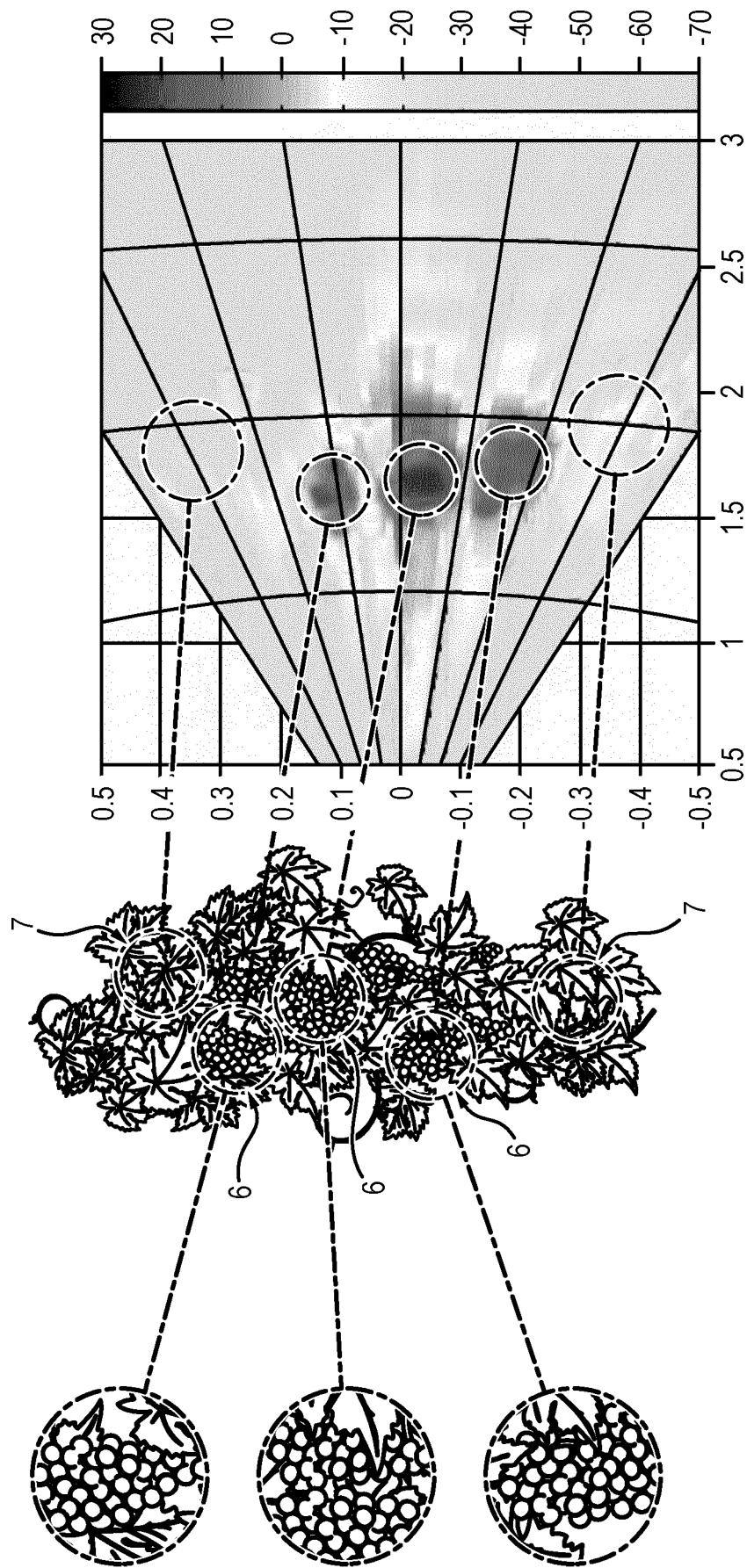
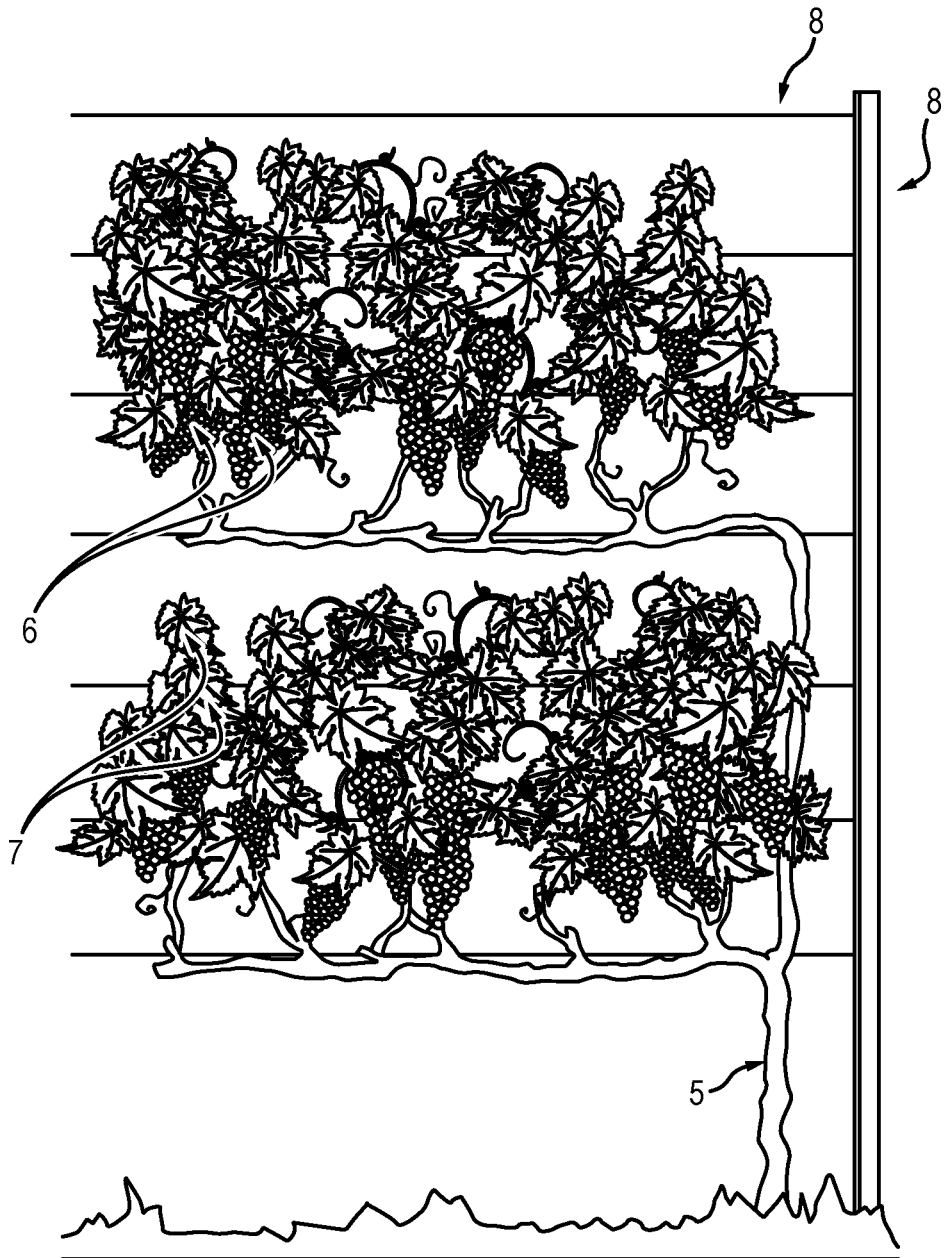


FIG. 5



# 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**

Jesus Soria-Ruiz: "Corn monitoring and crop yield using optical and microwave remote sensing", , 1 octobre 2009 (2009-10-01), XP055253412, Extrait de l'Internet: URL:[http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/9521 .pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/9521.pdf) [extrait le 2016-02-26]

US 2011/222738 A1 (RIKIMARU ATSUSHI [JP] ET AL) 15 septembre 2011 (2011-09-15)

MIKE SCHWANK ET AL: "L-Band Radiative Properties of Vine Vegetation at the MELBEX III SMOS Cal/Val Site", IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 50, no. 5, 1 mai 2012 (2012-05-01), pages 1587-1601, XP011441533, ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2012.2184126

DAVID BALLESTER-BERMAN J ET AL: "Incoherent electromagnetic model for vineyards at C-band", GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), 2012 IEEE INTERNATIONAL, IEEE, 22 juillet 2012 (2012-07-22), pages 5689-5692, XP032469788, DOI: 10.1109/IGARSS.2012.6352320 ISBN: 978-1-4673-1160-1

MINGQUAN JIA ET AL: "Multifrequency and multitemporal ground-based scatterometers measurements on rice fields", GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), 2012 IEEE INTERNATIONAL, IEEE, 22 juillet 2012 (2012-07-22), pages 642-645, XP032469257, DOI: 10.1109/IGARSS.2012.6351512 ISBN: 978-1-4673-1160-1

US 2015/015697 A1 (REDDEN LEE KAMP [US] ET AL) 15 janvier 2015 (2015-01-15)

Tina Caputo: "Wines & Vines - Improving Grape Crop Estimation Methods", , 1 juin 2006 (2006-06-01), XP055253385, Extrait de l'Internet: URL:[http://www.winesandvines.com/sections/printout\\_article.cfm?article=feature&conten nt=49783](http://www.winesandvines.com/sections/printout_article.cfm?article=feature&conten nt=49783) [extrait le 2016-02-26]

**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