

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 20.04.95.

③0 Priorité : 20.04.94 DE 4413739.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 27.10.95 Bulletin 95/43.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR LUFT-und RAUMFAHRT e.V. — DE et TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN BAYER, Landesanstalt für Landtechnik — DE.

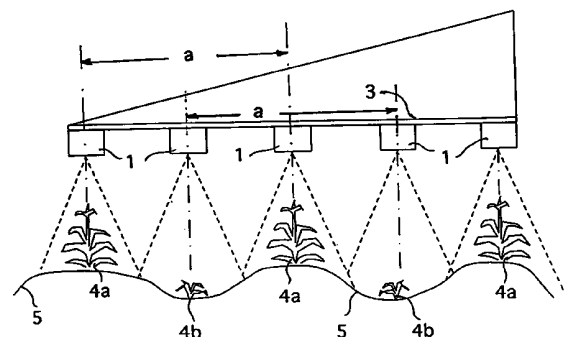
⑦2 Inventeur(s) : Tank Volker, Haschberger Peter et Rödel Gerhard.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Plasseraud.

⑤4 Procédé pour la délivrance dosée, spécifique et adéquate de substances nutritives et phytosanitaires dans l'agriculture ou l'horticulture, et dispositif pour la mise en œuvre dudit procédé.

⑤7 Dans le dispositif conforme à l'invention, si un capteur d'infrarouges (1) est guidé, en service, au-dessus de la surface plantée, une saute de rayonnement se produit sur le détecteur dudit capteur (1) lorsque, dans le champ de vision de l'optique de ce dernier, une transition intervient entre le sol (5) et une plante (4a, 4b). Après un traitement électrique correspondant, cette saute de rayonnement est exploitée pour manœuvrer un actionneur et, par conséquent, pour délivrer des substances actives.



PROCEDE POUR LA DELIVRANCE DOSEE, SPECIFIQUE ET ADEQUATE  
DE SUBSTANCES NUTRITIVES ET PHYTOSANITAIRES DANS  
L'AGRICULTURE OU L'HORTICULTURE, ET DISPOSITIF  
POUR LA MISE EN OEUVRE DUDIT PROCEDE

La présente invention se rapporte à un procédé pour la  
délivrance dosée, spécifique et adéquate de substances nutri-  
tives et phytosanitaires dans l'agriculture ou l'horticultu-  
re ; et elle concerne en outre, un dispositif pour la mise en  
5 oeuvre dudit procédé.

Au stade actuel, un traitement horticole ou agricole de  
plantes cultivées et de plantes à croissance sauvage a lieu,  
dans une large mesure, de façon non spécifique ; de l'eau, des  
engrais, des pesticides, des inhibiteurs de croissance, etc.,  
10 sont inadéquatement répartis sur toute la surface cultivée. Un  
inconvenient réside alors dans le fait que seule une part des  
substances employées est délivrée, par la force des choses, à  
l'emplacement qui lui est destiné, tandis que l'autre part de-  
meure inutilisée, impose une nuisance au sol ainsi qu'à la nappe  
15 phréatique et génère de surcroît, chez l'utilisateur, des coûts  
inutilement élevés. Par ailleurs, un inconvenient consiste en  
ce que les substances actives demeurées inutilisées peuvent in-  
fluencer négativement la qualité de produits obtenus, c'est-à-  
dire des aliments destinés à l'homme ou à des animaux dont  
20 l'homme se nourrit, et peuvent avoir des effets néfastes sur  
l'être humain. Une délivrance spécifique et adéquate de sub-  
stances nutritives et phytosanitaires s'avère souhaitable.  
Dans ce cas, il conviendrait que de l'eau et des engrais n'at-  
teignent que les plantes cultivées ; que des inhibiteurs de  
25 croissance et des substances protectrices atteignent unique-  
ment les plantes à croissance sauvage, etc. Cela permettrait de  
réduire les quantités de substances mises en oeuvre, ce qui  
aurait pour effet d'abaisser les coûts des mesures phytosani-  
taires (tout en épargnant simultanément les sols, et donc l'en-

vironnement). La nuisance minimale, provoquée par les substances actives, se traduirait par un produit d'une valeur qualitative supérieure.

5 Pour un certain nombre de plantes cultivées, telles que des légumes (chou, salade) et des plantes médicinales, une récolte adéquate, concernant uniquement les sujets mûrs, s'avère souhaitable ou nécessaire, ce qui s'échelonne sur une période prolongée et réclame de la main-d'oeuvre, car les fruits mûrs doivent être identifiés et récoltés par un personnel expérimenté. Ainsi, ce mode de récolte est globalement compliqué et onéreux.

10 L'invention a par conséquent pour objet de permettre une gestion de culture de végétaux dans laquelle, moyennant une faible complexité, une délivrance dosée, spécifique et adéquate de substances actives puisse être effectuée, en réduisant fortement, en particulier, la quantité de substances actives mises en oeuvre et, par conséquent, les coûts d'exploitation. En outre, l'invention doit permettre d'identifier automatiquement le degré de maturité de plantes, afin d'autoriser leur récolte automatique et adéquate.

15 Le procédé conforme à l'invention est caractérisé par le fait qu'une différence est établie entre le sol et la végétation au moyen d'un procédé optique dans la plage d'un rayonnement naturel, visible et infrarouge, sur la base de comportements respectifs à l'émission ou à la réflexion de rayonnements, en tirant également parti d'une évaporation différente de l'eau à des températures identiques et différentes ; par le fait que les différences ainsi conditionnées, concernant l'intensité et la composition spectrale du rayonnement provenant du sol ou de plantes, sont détectées au moyen de capteurs optiques installés sur un appareil de travail ; par le fait qu'on en déduit, respectivement, la différenciation entre le sol et la plante, ou une identification et une localisation de plantes différentes ; et par le fait que les plantes ainsi identifiées sont traitées spécifiquement par activation, au moyen d'une unité de commande électrique ou hydraulique, d'un système délivreur de substan-

ces actives qui est implanté sur l'appareil de travail et est affecté à un capteur.

De préférence, en vue de l'identification de plantes et en vue de la différenciation de plantes cultivées ou de plantes à croissance sauvage, en tirant parti des différences dans les propriétés de rayonnement (réflexion, émission) de variétés de plantes différentes et du sol, dans tout le spectre de lumière visible et dans la plage spectrale des infrarouges proches, l'on utilise un capteur optique comprenant plusieurs, de préférence trois, canaux de mesure dans la plage spectrale comprise entre  $0,4 \mu\text{m}$  et environ  $2,8 \mu\text{m}$ , c'est-à-dire deux canaux dans les bandes d'absorption chlorophyllienne avoisinant  $0,45 \mu\text{m}$  ou  $0,65 \mu\text{m}$ , et un troisième canal à environ  $1 \mu\text{m}$  ; les signaux des trois canaux sont simultanément détectés, numérisés et transmis, sous la forme de données numériques élémentaires, à une unité d'interprétation numérique branchée en aval du capteur optique ; et, dans l'unité d'interprétation, les variétés des plantes détectées sont identifiées sur la base des données numériques de tous les canaux, au moyen d'algorithmes de classification connus, et un "cycle d'initiation" est exécuté dans lequel, au début d'une utilisation, des signatures spectrales de plantes cultivées et de plantes à croissance sauvage sont captées séparément par le capteur ; l'unité d'interprétation est informée, par une unité d'entrée, de l'origine de la signature captée, selon qu'elle provient de plantes cultivées ou de plantes à croissance sauvage ; et l'algorithme de classification optimal est établi par l'unité d'interprétation, en mode automatique ou en un dialogue avec un utilisateur, puis est appliqué lors de l'utilisation consécutive.

De préférence, une information relative à des diamètres de plantes cultivées est obtenue sur la base de signaux détectés, par détection, dans l'unité d'interprétation, de la durée du signal provenant d'une plante et de la vitesse de déplacement effective de l'appareil agricole ; le diamètre de la plante est calculé dans l'unité d'interprétation, à partir de ces deux grandeurs, puis est comparé au diamètre de plantes

venues à maturité de récolte, mémorisé dans l'unité d'interprétation ; et une récolteuse automatique est commandée à l'aide de l'information ainsi obtenue.

L'invention concerne, de surcroît, un dispositif pour  
5 la mise en oeuvre du procédé susmentionné, comportant un capteur optique d'infrarouges pour l'identification de plantes, auquel une unité optique destinée au rayonnement infrarouge, et un détecteur d'infrarouges, sont affectés de telle sorte que, pour la détection du rayonnement, le capteur soit de préférence  
10 disposé perpendiculairement ou selon un angle obtus d'observation par rapport au sol, et surplombe le sol à une hauteur telle que son champ de vision soit conçu, par coordination de la focale de l'unité optique et de la taille du détecteur utilisé, de façon que l'angle du champ de vision soit entièrement couvert  
15 par la taille habituelle d'une plante, si bien que l'unité optique collecte le rayonnement infrarouge provenant respectivement du sol ou d'une plante, et le concentre sur le détecteur, ledit dispositif étant caractérisé par le fait que le détecteur engendre un signal électrique dont le niveau dépend de l'intensité du rayonnement venant le rencontrer, et ledit signal est  
20 traité dans une unité électronique de traitement de signaux, en aval de laquelle sont branchés une unité de commande électronique et un actionneur qui est en liaison avec le système délivreur de substances actives ; et par le fait que ledit système est implanté derrière le capteur dans la direction du déplacement de l'appareil de travail, de telle sorte qu'une plante soit  
25 "franchie par-dessus" tout d'abord par ledit capteur, puis par ledit système, de façon qu'une impulsion de commande, engendrée dans l'unité électronique de traitement de signaux lors du  
30 "franchissement en surplomb" d'une plante, mette l'actionneur en fonction en vue de la délivrance de substances actives.

De préférence, le détecteur d'infrarouges est un détecteur pyroélectrique conçu pour une gamme d'ondes comprise entre  
8  $\mu\text{m}$  et 14  $\mu\text{m}$  et équipé, en vue de la compensation de vibrations  
35 mécaniques, d'un second élément de détection occulté et branché avec polarité opposée.

De préférence, des lentilles de Fresnel, matérialisant l'optique collectrice du rayonnement et prévues en un agencement multisegment, sont formées de n lentilles individuelles rectangulaires ou carrées qui sont disposées les unes à côté des autres, constituent sensiblement un alignement de lentilles et sont mises en place, devant le détecteur, en un agencement plan ou également bombé, chaque lentille individuelle ne dirigeant qu'un étroit faisceau de rayonnement vers le détecteur qui, du fait de la présence des n lentilles individuelles, reçoit le rayonnement provenant d'une bande de n faisceaux voisins ; et l'agencement multisegment en forme de bandes est orienté transversalement par rapport à la direction du déplacement, et est par conséquent étroit dans la direction du déplacement, si bien qu'une forte saute de signal est obtenue lorsque sont franchies par-dessus, en service, des structures du sol présentant des propriétés de rayonnement changeantes, c'est-à-dire un passage du sol à la végétation.

Il est de préférence prévu, sur la lentille, un diaphragme tubulaire se présentant comme un tube cylindrique ou rectangulaire, en un matériau imperméable au rayonnement infrarouge et au rayonnement visible.

L'invention va à présent être décrite plus en détail, à titre d'exemples nullement limitatifs, en regard des dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une vue schématique par-devant d'un dispositif, devant être installé sur un appareil agricole, pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention ;

la figure 2 est une élévation latérale, décalée de 90° par rapport à l'illustration de la figure 1, d'une forme de réalisation d'un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention ;

la figure 3A est une représentation schématique en perspective, fortement simplifiée, de trajectoires d'un rayonnement s'opérant de bas en haut, c'est-à-dire à partir du sol ou des plantes devant y être détectées, en direction d'un détecteur du dispositif illustré sur la figure 1 ;

la figure 3B montre des faisceaux de rayonnement transversalement par rapport à la direction du déplacement d'un dispositif analogue à l'illustration de la figure 1, associé au dispositif pour la mise en oeuvre du procédé, pour un agencement à détecteur/lentilles ;

la figure 3C représente un faisceau de rayonnement dans la direction du déplacement de l'appareil associé au dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention ;

la figure 4 est une coupe verticale d'un détecteur et d'un agencement de lentilles affecté à ce dernier ; et

la figure 5 est une représentation schématique en coupe, à échelle agrandie, d'un détecteur en aval duquel un agencement de lentilles est implanté, avec un diaphragme tubulaire prévu sur l'agencement de lentilles.

La mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention repose, fondamentalement, sur des appareils classiques à l'aide desquels des substances actives sont déversées avec recouvrement superficiel et sans spécificité, tels que des épandeurs d'engrais, des pulvérisateurs de cultures, des installations d'irrigation ou d'arrosage, et dispositifs similaires. Des appareils de ce genre, et les procédés dont ils assurent la mise en oeuvre, accusent par conséquent les inconvénients relevés ci-avant.

Dans une première forme de réalisation de l'invention, comme illustré schématiquement sur la figure 1, l'on utilise un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention, selon lequel des plantes 4a et 4b sont identifiées et localisées, dans la surface cultivée, par franchissement en surplomb ; il devient, de la sorte, possible de traiter adéquatement les plantes 4a et 4b identifiées et localisées. L'on utilise, à cette fin, des capteurs d'infrarouges 1 (voir les figures 1 et 2) qui réagissent à un rayonnement infrarouge, c'est-à-dire à un rayonnement thermique, et à l'aide desquels des plantes peuvent par conséquent être identifiées, car l'intensité de leur rayonnement se différencie de l'intensité du rayonnement du sol 5. Les différences d'intensité du rayonnement émis rési-

dent, d'une part, dans la température différente du sol 5 et des plantes 4a, 4b étant donné que, sous l'effet du rayonnement solaire, le sol 5 se réchauffe plus fortement qu'une plante vivante 4a ou 4b ; et, d'autre part, dans le degré d'émission et de réflexion différent du sol 5 et des plantes 4a, 4b du fait que, à une température identique, par exemple lorsque le ciel est entièrement couvert, le sol et les plantes émettent un rayonnement d'intensité différente et réfléchissent de surcroît, avec une intensité différente, le rayonnement qui vient les rencontrer à partir de leur environnement.

Chaque capteur d'infrarouges 1 se compose alors d'une optique 11 appropriée au rayonnement infrarouge ; d'un détecteur d'infrarouges 10 ; et d'une unité électronique (non illustrée en détail) de traitement de signaux, installée en aval (figures 3A et 3B). Une optique revêtant la forme d'une simple lentille collectrice, d'une lentille de Fresnel 11, voire d'un groupe de miroirs, capte le rayonnement infrarouge émanant respectivement du sol 5 ou de la plante 4a ou 4b, puis le concentre sur le détecteur 10. Ce détecteur 10 engendre, à son tour, un signal électrique dont l'amplitude dépend de l'intensité du rayonnement venant le rencontrer. Ce signal est ensuite amplifié et filtré, de manière connue, dans une unité électronique de traitement de signaux.

Le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention présente, par ailleurs, une unité de commande électronique et un actionneur qui est en liaison avec un système 2 délivreur de substances actives. Le capteur d'infrarouges 1 et le système délivreur 2 sont affectés l'un à l'autre de façon telle qu'ils soient agencés en succession dans une direction de déplacement, évoquée par une flèche sur la figure 2, d'une machine de traitement 3 indiquée schématiquement (voir la figure 2). Ainsi, dans un premier temps, le capteur 1 "passe sur" la plante 4a, puis vient le tour du système délivreur 2. Si, en service, le capteur 1 est guidé au-dessus de la surface plantée, ce capteur 1 est atteint par une saute de rayonnement lorsqu'une transition, entre le sol 5 et la plante 4a, intervient dans le

champ de vision de l'optique 11. Cette saute de rayonnement pro-  
voque, dans l'unité de traitement installée en aval, une saute  
de signal électrique qui est transmise à une unité de commande,  
par l'intermédiaire de laquelle l'actionneur est ensuite mis en  
5 fonction pour délivrer une substance active. Dans ce cas,  
l'instant et la durée de l'activation de l'actionneur sont  
adaptés à la vitesse de déplacement effective, ainsi qu'à la  
géométrie de l'ensemble, si bien qu'une délivrance de substan-  
ces actives a lieu d'une manière localement et temporellement  
10 optimale.

Les capteurs d'infrarouges 1 utilisés conformément à  
l'invention fonctionnent, de préférence, dans la plage spec-  
trale de  $8 \mu\text{m}$  à  $14 \mu\text{m}$ , car cette plage spectrale renferme le ma-  
ximum du rayonnement émis pour des objets dont la température se  
15 situe dans la plage de températures naturelles à la saison prin-  
tanière et estivale. En outre, l'atmosphère est imperméable au  
rayonnement infrarouge dans la plage comprise entre  $5 \mu\text{m}$  et  
 $8 \mu\text{m}$ , et entre  $14 \mu\text{m}$  et  $30 \mu\text{m}$  sur des trajets plus longs, de  
sorte que ces plages sont de toute façon inadéquates.

20 L'agencement mécanique correspondant, dans son princi-  
pe, à celui d'appareils de pulvérisation connus, est adapté,  
quant à sa géométrie, aux conditions régnant dans la surface  
cultivée. En règle générale, des plantes cultivées 4a en crois-  
sance se dressent en des rangs parallèles distants, les uns des  
25 autres, d'un même espacement  $a$ , et elles présentent semblable-  
ment des espacements égaux à l'intérieur d'un rang. Le sol 5  
n'est pas planté entre les rangs individuels et entre les plan-  
tes cultivées 4a, c'est-à-dire qu'il doit, en d'autres termes,  
être exempt de plantes 4b à croissance sauvage.

30 Comme le met en évidence une observation de la figure 1,  
des capteurs 1 et des systèmes 2 délivreurs de substances acti-  
ves sont disposés, sur une perche de la machine 3 évoquée sché-  
matiquement, selon le même espacement  $a$  que les rangs de plan-  
tes, et donc que les plantes 4a situées dans lesdits rangs ; ou,  
35 respectivement, selon les mêmes espacements que les plantes 4b  
à croissance sauvage, devant être combattues entre les rangs ou

entre les intervalles compris entre ces derniers.

Sur toute la largeur d'intervention, chaque rang de plantes est surplombé par un capteur 1 incluant une unité de commande, un actionneur et un système 2 délivreur de substances actives. La détection des rayonnements par les capteurs 1 a lieu, de préférence, perpendiculairement ou selon des angles obtus d'observation de haut en bas. Le champ de vision est alors conçu, par coordination de la focale de l'optique 11 et de la taille des détecteurs 10 utilisés, de telle manière qu'un angle  $\alpha$  du champ de vision soit entièrement couvert par la taille habituelle d'une plante respective 4a ou 4b. La hauteur opérationnelle des capteurs 1, au-dessus de la végétation, est elle aussi coordonnée et ajustée en concordance avec la taille typique de la variété de plante considérée.

Des mouvements de déplacement vacillants et irréguliers se traduisent semblablement par une influence exercée sur la direction d'observation des capteurs 1, et également du système 2 délivreur de substances actives, se présentant respectivement comme un dispositif de pulvérisation ou d'éjection. Cette influence indésirable est contrecarrée, d'une part, par un dimensionnement conséquemment supérieur du champ de vision de chaque capteur 1, d'où la détection d'un secteur superficiel plus grand que celui recouvert par la plante 4a ou 4b considérée. D'autre part, l'influence exercée par de tels mouvements de déplacement irréguliers est maintenue faible grâce au fait que les capteurs 1 et les systèmes individuels 2 délivreurs de substances actives sont placés le plus près possible au-dessus des plantes respectives 4a ou 4b, et sont par conséquent déplacés au-dessus de ces dernières, ce qui garantit une délivrance précise de substances actives. Simultanément, un montage conséquemment sûr des unités individuelles a pour effet d'assurer que, même dans les conditions d'utilisation rudes, ni les plantes, ni le sol ne soient touchés par des parties du dispositif, ou par ce dispositif proprement dit.

Lorsque par exemple, dans un champ de maïs, des plantes présentent une hauteur d'environ 30 cm dans les rangs indivi-

duels, pour un espacement  $a$  de 40 cm entre les rangs, chaque plante doit recouvrir, observée par-dessus, une surface du sol d'un diamètre d'environ 10 cm. Dans un tel cas, le capteur 1 du dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention doit, par exemple, présenter les dimensions suivantes :

5           espacement  $a$  entre les capteurs individuels 1, sur une perche entraînée par l'appareil agricole : 40 cm  
           hauteur des capteurs individuels au-dessus du sol : 40 cm à 45 cm

10          focale du dispositif optique (lentilles de Fresnel 11) : 8 mm  
           diamètre d'un détecteur 10 : 4 mm  
           angle du champ de vision (plante) : 12,6° à 14,3°  
           angle  $\alpha$  du champ de vision (total) : 28°

15          diamètre d'une surface du sol détectée : 20 cm

          Alors que la plante présente uniquement un diamètre de 10 cm, le diamètre de la surface du sol détectée est de 20 cm. Cela a pour résultat de garantir une détection sûre de la plante, même lorsque (à l'intérieur des limites préétablies) le

20          dispositif vacille ou le véhicule est guidé de manière imprécise.

          Se prêtent en principe, en tant que détecteurs d'infrarouges 10, tous les détecteurs actuellement disponibles qui fonctionnent dans la gamme d'ondes comprise entre 8  $\mu\text{m}$  et 14  $\mu\text{m}$ .

25          L'on préférera l'utilisation et la mise en oeuvre de détecteurs thermoélectriques, à cause de leur prix comparativement modeste, de leur agencement structurel normalisé (boîtiers de type T05), de leur fonctionnement simple (ne réclamant aucun refroidissement), ainsi que de leur fiabilité. Des détecteurs thermo-

30          électriques consistent par exemple en un thermocouple revêtant la forme d'une "colonne thermique", un thermistor ou une thermorésistance, et des détecteurs pyroélectriques. Parmi les éléments énoncés ci-dessus, celui mentionné en dernier lieu est, à son tour, particulièrement peu onéreux et présente, au

35          premier chef, une faible constante de temps, ce qui correspond à une grande vitesse de réponse. Ces éléments rendent possible un

fonctionnement sûr du dispositif conforme à l'invention, également lorsqu'une machine de traitement se déplace rapidement, et c'est pourquoi l'invention leur donne la préférence d'utilisation. Du fait que des détecteurs pyroélectriques réagissent également en mode piézoélectrique et qu'ils sont, par conséquent, plus ou moins fortement sensibles aux vibrations, cet aspect doit également être pris en compte au stade du choix de détecteurs appropriés. L'on dispose, au stade actuel, de détecteurs qui accusent une très faible sensibilité vibratoire.

10 Il existe en outre des réalisations de détecteurs piézoélectriques présentant, dans un seul et même boîtier, deux éléments sensibles aux rayonnements et couplés électriquement avec polarité opposée, parmi lesquels l'un reçoit le rayonnement, et l'autre est installé "avec occultation". Cela permet  
15 d'obtenir que seul un élément réagisse à un rayonnement incident, et délivre par conséquent un signal, tandis que les deux éléments réagissent de la même façon à des vibrations. Ainsi, les deux éléments délivrent des signaux vibratoires identiques qui s'annulent réciproquement du fait du couplage avec polarité  
20 opposée. C'est pourquoi des détecteurs de ce genre sont préférentiellement employés. De plus, des mesures d'amortissement mécanique connues permettent d'amortir davantage encore, et donc d'atténuer les influences qu'exercent des vibrations du véhicule sur le capteur 1.

25 L'on utilise préférentiellement, en tant qu'optique pour la focalisation du rayonnement, des lentilles de Fresnel 11 se présentant, plus précisément, en un agencement multisegment 11a tel qu'illustré schématiquement, sur la figure 3A, par une vue de dessous sans respect de l'échelle. Un tel agencement  
30 multisegment 11a se compose de n lentilles individuelles 11b majoritairement rectangulaires, qui sont disposées les unes à côté des autres et forment, par conséquent, un alignement de lentilles. Les lentilles individuelles 11b sont mises en place, en un agencement plan ou également bombé, devant un détecteur 10  
35 évoqué schématiquement.

Etant donné que chaque lentille individuelle 11b ne di-

rige qu'un étroit faisceau de rayonnement 11c vers le détecteur 10, comme on le constate sur la figure 3B, ce détecteur 10 détecte un rayonnement provenant de  $n$  faisceaux 11c voisins, qui forment conjointement une bande. La géométrie de chaque faisceau individuel 11c, et par conséquent de la bande, dépend alors des dimensions du détecteur 10 et de l'agencement multisegment 11a.

Sur la figure 3A, l'on utilise par exemple un agencement 11a de lentilles comptant huit lentilles individuelles 11b présentant, respectivement, une focale de 3 cm. Lorsque le détecteur 10 est carré et possède une longueur de côté de 1,5 mm, il en résulte un angle solide de 2,5 mrad pour une lentille individuelle. Lorsqu'un tel agencement est monté à une hauteur  $h$  de 125 cm au-dessus du sol 5, un agencement 11a de ce genre permet sensiblement de détecter une bande d'une largeur  $b$  de 50 cm et d'une profondeur  $t$  de 4 cm [il est alors tenu compte de l'ouverture de la lentille 11b, d'environ  $(4 \times 4)\text{cm}^2$ ].

Comme le met en évidence la figure 3C, la bande détectée est étroite dans la direction du déplacement évoquée par une flèche orientée vers la droite, de sorte qu'on obtient une forte saute de signal lorsque des structures du sol, présentant des propriétés de rayonnement changeantes, sont balayées par-dessus en service ; les propriétés de rayonnement changeantes se fondent alors sur le passage du sol 5 aux plantes. Comme le révèle une observation de la figure 3B, une bande notablement plus large est détectée transversalement par rapport à la direction du déplacement, cette bande présentant une largeur  $b$  de 50 cm lorsque les éléments individuels ont les dimensions indiquées ci-avant. Du fait qu'il existe une relation linéaire entre la hauteur d'implantation  $h$  et la largeur  $b$  de la bande détectée, il suffit d'installer l'appareil à une hauteur  $h'$ , de 62,5 cm, lorsque la largeur de la bande à surveiller n'est que de 25 cm. Dans ce cas, la bande ne présente plus qu'une profondeur de 2 cm dans la direction du déplacement, ce qui, néanmoins, n'est en aucune façon désavantageux.

La figure 4 illustre un agencement comprenant un détec-

teur 10' et une lentille de Fresnel 11' munie de vingt-six éléments pouvant être obtenus, à peu de frais, en tant qu'articles produits en grandes séries. L'agencement montré par la figure 4 présente un angle  $\alpha$  de champ de vision égal à  $90^\circ$ . Comme représenté sur la figure 5, un angle  $\alpha'$  de champ de vision, illustré à échelle non conforme, est ramené à une valeur d'environ  $40^\circ$  à l'aide d'un diaphragme tubulaire Tb de dimensionnement correspondant. Sur la figure 5, le diaphragme tubulaire Tb se présente comme un tube en métal ou en matière plastique de section transversale cylindrique ou rectangulaire, qui est à la fois imperméable aux infrarouges, et à un rayonnement visible. Le diaphragme tubulaire Tb est notamment prévu pour maintenir un courant d'air ou un vent relatif à l'écart de la lentille ou du groupe de lentilles 11', ainsi qu'à l'écart de la face du boîtier qui est tournée vers le détecteur 10'. Sous l'effet d'un courant d'air atteignant des éléments ou composants (par exemple 11') tournés vers le détecteur 10', la température de ces derniers est modifiée d'une façon telle que le détecteur d'infrarouges 10' peut engendrer un signal et peut déclencher une alarme signalant une défektivité. De surcroît, le diaphragme tubulaire Tb protège la lentille ou le groupe de lentilles 11' d'une contamination par du pollen, de la rosée ou de la pluie provenant, respectivement, de plantes ou herbes dressées.

En service, une machine de traitement 3, sur laquelle le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention est installé, est guidée de telle sorte que les capteurs 1, ainsi que les systèmes 2 délivreurs de substances actives, se trouvent en permanence au-dessus d'un rang de plantes 4a associé. Chaque capteur 1 identifie ensuite, par lui-même, les plantes 4a situées dans son rang et il commande, indépendamment des autres capteurs 1, la délivrance de substances actives à laquelle il est assigné. L'instant, la durée et la géométrie de la délivrance se présentent alors de telle sorte que la substance active parvienne uniquement à l'emplacement souhaité, selon la quantité souhaitée. Dans la pratique, cela signifie que des buses pulvérisatrices doivent, par exemple, être équipées d'un

cône de pulvérisation plus étroit que dans le cas d'une pulvérisation avec recouvrement superficiel ; ou bien qu'une substance répandue n'est pas projetée quasi horizontalement, mais doit ruisseler perpendiculairement au sol 5 ou est respectivement, par exemple, projetée par de l'air comprimé.

5 Dans une autre forme de réalisation préférentielle de l'invention, l'on utilise, à la place d'un capteur d'infrarouges, un capteur sensible à une lumière visible dans la plage spectrale de couleur verte ; l'agencement structurel est, pour le reste, le même que celui décrit ci-avant. A l'aide d'un tel capteur, il est possible d'enregistrer des différences dans l'intensité de la fraction verte de la lumière solaire réfléchie par les objets. Cette différence est, par exemple, particulièrement accentuée entre un sol 5 non planté, et des plantes 10 4a et 4b considérées. Il en résulte par conséquent au cours du mouvement du capteur 1, lors d'une transition entre un sol 5 non planté et une plante respective 4a ou 4b, une forte variation de signal sur la base de laquelle la plante peut être identifiée.

20 A l'aide des formes de réalisation, décrites jusque-là, de dispositifs pour la mise en oeuvre du procédé, des plantes cultivées 4a peuvent être identifiées sur un sol 5 par ailleurs non planté. La description ci-après porte sur d'autres formes de réalisation permettant, aussi bien, d'identifier des plantes dans un sol planté sans recouvrement, que de distinguer les unes des autres des plantes cultivées 4a et des plantes 4b à 25 croissance sauvage. Dans une première forme de réalisation, ce problème est traité en deux solutions partielles. Cette forme de réalisation peut être appliquée dans le cas de l'ordonnement susdécrit de plantes cultivées 4a, en des rangs parallèles distants d'un espacement égal  $a$ , en se fondant alors sur l'expérience acquise, selon laquelle des plantes situées entre les rangs ne peuvent être, pratiquement, que des plantes 4b à 30 croissance sauvage. Conformément à l'invention, l'on utilise l'une des formes de réalisation décrites ci-avant, qui est toutefois 35 pourvue de capteurs supplémentaires 1 et de systèmes supplémen-

taires 2 délivreurs de substances actives, ce qui permet d'identifier et de localiser à la fois les plantes cultivées 4a situées dans les rangs, et des plantes 4b à croissance sauvage, présentes entre les rangs des plantes cultivées 4a.

5 Les plantes 4b à croissance sauvage, ainsi identifiées entre les rangs, peuvent ensuite être combattues par des moyens appropriés et cela, plus précisément, d'une manière analogue au traitement susdécrit concernant des plantes cultivées 4a. En fonction de l'étendue superficielle des plantes 4b à croissance  
10 sauvage, devant être identifiées, il peut être nécessaire de juxtaposer un plus grand nombre de capteurs en vue de surveiller chacun des intervalles séparant les rangs. A cette fin, il est également possible d'employer un détecteur en plusieurs éléments dans un unique capteur.

15 Sur la base de la position de l'élément de détection délivrant des signaux, il est alors possible de déduire la position de la plante 4b à croissance sauvage, dans l'intervalle situé entre les rangs, et les mesures nécessaires peuvent être exécutées avec adéquation correspondante. A cet effet, il est  
20 également possible d'affecter, au capteur équipé d'un détecteur en plusieurs éléments, une unité de délivrance comprenant, respectivement, plusieurs buses ou orifices de déversement qui sont commandé(e)s par l'élément de détection associé. Le nombre des éléments de détection, leur agencement optique et leur géométrie mécanique, de même que les unités de délivrance, doivent  
25 être mutuellement coordonnés de telle sorte que tout l'intervalle entre les rangs puisse être surveillé et traité avec la résolution géométrique souhaitée, c'est-à-dire la taille des parcelles du sol détectées indépendamment les unes des  
30 autres.

La seconde solution partielle consiste à identifier, au moyen des capteurs 1 surveillant les rangs des plantes cultivées 4a, des plantes 4b à culture sauvage intercalées entre les dites plantes 4a à l'intérieur desdits rangs ; en d'autres termes, la différenciation porte respectivement sur des plantes  
35 cultivées 4a et sur des plantes 4b à croissance sauvage. Confor-

mément à l'invention, il est tiré parti, à l'aide des capteurs d'infrarouges 1, de l'intensité différente du rayonnement infrarouge de plantes cultivées et à croissance sauvage. A titre d'exemple, l'intensité du rayonnement infrarouge de plantes feuillues et d'herbages est différemment accentuée, et permet par conséquent de les différencier. Pour y parvenir, il est en général nécessaire de soumettre le ou les capteur(s) à ce qu'on appelle une "phase d'initiation" ; cela signifie que la signature spectrale de plantes cultivées 4a et de plantes 4b à croissance sauvage est captée séparément, à l'aide du capteur 1, au début de chaque utilisation. Par l'intermédiaire d'une unité d'entrée, l'unité électronique de traitement des signaux est ensuite informée de l'origine des signatures captées, selon qu'elles proviennent de plantes cultivées 4a ou de plantes 4b à croissance sauvage. L'algorithme optimal pour la classification (formation d'un quotient différentiel, etc.) est ensuite établi par l'unité d'interprétation, en mode automatique ou en un dialogue avec l'utilisateur, puis est appliqué lors d'une utilisation consécutive.

La nuance de coloration de la verdure des plantes constitue également, de façon similaire, un indicateur de la variété de plantes. Des plantes différentes peuvent être identifiées à leur verdure, suite aux propriétés de réflexion différentes. Les mêmes considérations s'appliquent, de manière analogue, aux colorations des plantes 4a, 4b et du sol 5 dans tout le spectre de la lumière visible. Les différences du comportement à la réflexion et à l'émission sont particulièrement marquées, également, dans la plage spectrale des infrarouges proches.

Conformément à l'invention, il est tiré parti de ces états de faits, dans une autre forme de réalisation préférentielle, pour distinguer des plantes cultivées 4a et des plantes 4b à croissance sauvage, à l'aide d'un capteur optique comprenant plusieurs canaux dans la plage spectrale comprise entre 0,4  $\mu\text{m}$  et environ 2,8  $\mu\text{m}$ . Par exemple, un capteur présente trois canaux de mesure, c'est-à-dire deux canaux dans les bandes d'absorption chlorophyllienne avoisinant 0,45  $\mu\text{m}$  et 0,65  $\mu\text{m}$ , et

un troisième canal à environ 1  $\mu$ m. Les signaux de ces trois canaux sont simultanément détectés, numérisés et transmis, sous la forme de données numériques élémentaires, à une unité d'interprétation numérique branchée en aval du capteur. Un calculateur, par exemple un microprocesseur, peut être employé en tant qu'unité d'interprétation numérique. Dans une telle unité d'interprétation, les natures des données détectées sont ensuite identifiées sur la base des données numériques de tous les canaux, au moyen d'algorithmes de classification connus.

10           Etant donné que les propriétés de réflexion des plantes, dont il est tiré parti, dépendent de l'âge de ces dernières, de leur degré de maturité, de leur état nutritionnel, ainsi que de la structure et de l'humidité du site de plantation ; et que, en outre, leur signature spectrale dépend du rayonnement solaire incident considéré, de la couverture nuageuse, du brouillard, de la brume et paramètres similaires, un dispositif conforme à l'invention permet d'effectuer ce qu'on appelle un "cycle d'initiation" (pour le reste, la signature du sol est également tributaire de la composition de ce dernier, de son humidité et de son irradiation).

20           A cette fin, au début d'une utilisation, la signature spectrale de plantes cultivées et de plantes à croissance sauvage est captée séparément à l'aide du capteur. Ensuite, par l'intermédiaire d'une unité d'entrée, l'unité d'interprétation est informée de l'origine des signatures captées, selon qu'elles émanent de plantes cultivées ou de plantes à croissance sauvage. L'algorithme de classification optimal est alors établi par l'unité d'interprétation, en mode automatique ou sous la forme d'un dialogue avec l'utilisateur, puis est appliqué lors de l'utilisation consécutive.

30           Tous les exemples de réalisation décrits jusque-là peuvent également être utilisés pour déterminer le diamètre des plantes détectées, c'est-à-dire le diamètre dans la direction du déplacement de la machine agricole. Les capteurs optiques enregistrent une variation de signal lorsqu'une plante parvient dans leur champ de vision, et une autre variation de si-

gnal lorsque la plante quitte de nouveau le champ de vision. Le laps de temps, séparant les deux processus de variation de signaux, est déterminé dans l'unité d'interprétation ; la vitesse effective de la machine (dont le patinage est corrigé) est, en outre, également enregistrée dans ladite unité. Cette unité d'interprétation forme le produit de la durée et de la vitesse. L'information ainsi obtenue, relative à la taille (c'est-à-dire au diamètre) de la plante, est comparée à la taille, mémorisée dans l'unité d'interprétation, d'une plante de la variété considérée, venue à maturité de récolte. Il en résulte que l'instruction respective "récolter" ou "ne pas récolter" est donnée à la récolteuse automatique correspondante de la machine qui, d'une manière analogue à la forme de réalisation de la figure 2, est implantée derrière le capteur 1 dans la direction du déplacement, par rapport au système 2 délivreur de substances actives, et qui procède alors de façon correspondante.

A l'aide des procédés conformes à l'invention, ainsi que des dispositifs pour la mise en oeuvre desdits procédés, il est possible, en matière phytosanitaire, d'identifier des plantes cultivées sur une surface utilisée à des fins agricoles ou horticoles et, de surcroît, de différencier des plantes cultivées 4a de plantes 4b à croissance sauvage. Des plantes identifiées peuvent être ensuite traitées adéquatement ; par exemple, des plantes cultivées 4a sont irriguées, engraisées ou traitées par des moyens antiparasitaires, tandis que des plantes 4b à croissance sauvage sont anéanties mécaniquement, chimiquement ou thermiquement. A l'aide des procédés conformes à l'invention, et des dispositifs pour la mise en oeuvre desdits procédés, les substances actives employées sont délivrées exclusivement aux emplacements qui leur sont destinés, et selon le minimum quantitatif nécessaire, si bien que leur emploi s'en trouve ainsi optimisé d'une manière économique et écologique. L'enveloppe financière, concernant en particulier les coûts des substances actives devant être délivrées, est diminuée grâce à une utilisation économe ; l'indésirable nuisance imposée au sol, à la nappe phréatique et aux plantes de culture,

est simultanément cantonnée à un minimum. De plus, la qualité des plantes cultivées produites est augmentée. Un avantage particulier, conféré par l'invention, réside dans le fait que diverses étapes de traitement peuvent être simultanément exécutées en une intervention : ainsi, les plantes cultivées 4a peuvent être engraisées et arrosées, tandis que les plantes 4b à croissance sauvage sont concomitamment combattues. Il en résulte une économie du temps de travail et de l'énergie de travail (par exemple du carburant). De surcroît, à l'aide des procédés conformes à l'invention et des dispositifs pour la mise en oeuvre de ces procédés, la récolte de plantes individuelles, ne pouvant être jusqu'à présent effectuée que de manière complexe, peut être automatisée et peut, par conséquent, être exécutée de façon plus économique.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'invention telle que décrite et représentée, sans sortir de son cadre.

- R E V E N D I C A T I O N S -

1. Procédé pour la délivrance dosée, spécifique et adé-  
quate de substances nutritives et phytosanitaires dans l'agri-  
culture ou l'horticulture, procédé caractérisé par le fait  
qu'une différence est établie entre le sol (5) et la végétation  
5 (4a, 4b) au moyen d'un procédé optique dans la plage d'un rayon-  
nement naturel, visible et infrarouge, sur la base de comporte-  
ments respectifs à l'émission ou à la réflexion de rayonne-  
ments, en tirant également parti d'une évaporation différente  
de l'eau à des températures identiques et différentes ;  
10 par le fait que les différences ainsi conditionnées, concernant  
l'intensité et la composition spectrale du rayonnement prove-  
nant du sol ou de plantes, sont détectées au moyen de capteurs  
optiques (1) installés sur un appareil de travail ;  
par le fait qu'on en déduit, respectivement, la différenciation  
15 entre le sol et la plante, ou une identification et une locali-  
sation de plantes différentes (4a, 4b) ; et  
par le fait que les plantes ainsi identifiées sont traitées spé-  
cifiquement par activation, au moyen d'une unité de commande  
électrique ou hydraulique, d'un système (2) délivreur de subs-  
20 tances actives qui est implanté sur l'appareil de travail et est  
affecté à un capteur (1).

2. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la  
revendication 1, comportant un capteur optique d'infrarouges  
(1) pour l'identification de plantes, auquel une unité optique  
25 (11) destinée au rayonnement infrarouge, et un détecteur d'in-  
frarouges (10), sont affectés de telle sorte que, pour la détec-  
tion du rayonnement, le capteur (1) soit de préférence disposé  
perpendiculairement ou selon un angle obtus d'observation par  
rapport au sol, et surplombe le sol à une hauteur telle que son  
30 champ de vision soit conçu, par coordination de la focale de  
l'unité optique (11) et de la taille du détecteur (10) utilisé,  
de façon que l'angle ( $\alpha$ ) du champ de vision soit entièrement  
couvert par la taille habituelle d'une plante (4a, 4b), si bien  
que l'unité optique (11) collecte le rayonnement infrarouge

provenant respectivement du sol (5) ou d'une plante (4a, 4b), et le concentre sur le détecteur (10), dispositif caractérisé par le fait que le détecteur (10) engendre un signal électrique dont le niveau dépend de l'intensité du rayonnement venant le rencontrer, et ledit signal est traité dans une unité électronique de traitement de signaux, en aval de laquelle sont branchés une unité de commande électronique et un actionneur qui est en liaison avec le système (2) délivreur de substances actives ; et par le fait que ledit système (2) est implanté derrière le capteur (1) dans la direction du déplacement de l'appareil de travail (3), de telle sorte qu'une plante (4a) soit "franchie par-dessus" tout d'abord par ledit capteur (1), puis par ledit système (2), de façon qu'une impulsion de commande, engendrée dans l'unité électronique de traitement de signaux lors du "franchissement en surplomb" d'une plante (4a), mette l'actionneur en fonction en vue de la délivrance de substances actives.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que le détecteur d'infrarouges (10) est un détecteur pyroélectrique conçu pour une gamme d'ondes comprise entre 8  $\mu\text{m}$  et 14  $\mu\text{m}$  et équipé, en vue de la compensation de vibrations mécaniques, d'un second élément de détection occulté et branché avec polarité opposée.

4. Procédé selon la revendication 1, utilisant le dispositif selon les revendications 2 et 3, procédé caractérisé par le fait que, en vue de l'identification de plantes (4a, 4b) et en vue de la différenciation de plantes cultivées (4a) ou de plantes (4b) à croissance sauvage, en tirant parti des différences dans les propriétés de rayonnement (réflexion, émission) de variétés de plantes (4a, 4b) différentes et du sol (5), dans tout le spectre de lumière visible et dans la plage spectrale des infrarouges proches, l'on utilise un capteur optique comprenant plusieurs, de préférence trois canaux de mesure dans la plage spectrale comprise entre 0,4  $\mu\text{m}$  et environ 2,8  $\mu\text{m}$ , c'est-à-dire deux canaux dans les bandes d'absorption chlorophyllienne avoisinant 0,45  $\mu\text{m}$  ou 0,65  $\mu\text{m}$ , et un troisième canal à environ 1  $\mu\text{m}$  ;

par le fait que les signaux des trois canaux sont simultanément détectés, numérisés et transmis, sous la forme de données numériques élémentaires, à une unité d'interprétation numérique branchée en aval du capteur optique (1) ; et

5 par le fait que, dans l'unité d'interprétation, les variétés des plantes détectées sont identifiées sur la base des données numériques de tous les canaux, au moyen d'algorithmes de classification connus, et un "cycle d'initiation" est exécuté dans lequel, au début d'une utilisation, des signatures spectrales

10 de plantes cultivées (4a) et de plantes (4b) à croissance sauvage sont captées séparément par le capteur ; l'unité d'interprétation est informée, par une unité d'entrée, de l'origine de la signature captée, selon qu'elle provient de plantes cultivées (4a) ou de plantes (4b) à croissance sauvage ; et l'algorithme

15 de classification optimal est établi par l'unité d'interprétation, en mode automatique ou en un dialogue avec un utilisateur, puis est appliqué lors de l'utilisation consécutive.

5. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, dispositif caractérisé par le fait que des

20 lentilles de Fresnel (11), matérialisant l'optique collectrice du rayonnement et prévues en un agencement multisegment (11a), sont formées de  $n$  lentilles individuelles (11b) rectangulaires ou carrées qui sont disposées les unes à côté des autres, constituent sensiblement un alignement de lentilles et sont mises

25 en place, devant le détecteur (1), en un agencement plan ou également bombé, chaque lentille individuelle (11b) ne dirigeant qu'un étroit faisceau de rayonnement vers le détecteur (10) qui, du fait de la présence des  $n$  lentilles individuelles, reçoit le rayonnement provenant d'une bande de  $n$  faisceaux voisins ; et par le fait que l'agencement multisegment (11a) en

30 forme de bandes est orienté transversalement par rapport à la direction du déplacement, et est par conséquent étroit dans la direction du déplacement, si bien qu'une forte saute de signal est obtenue lorsque sont franchies par-dessus, en service, des

35 structures du sol présentant des propriétés de rayonnement changeantes, c'est-à-dire un passage du sol (5) à la végéta-

tion (4a, 4b).

5 6. Dispositif selon les revendications 2, 3 et 5, caractérisé par le fait qu'il est prévu, sur la lentille (11'), un diaphragme tubulaire (Tb) se présentant comme un tube cylindrique ou rectangulaire, en un matériau imperméable au rayonnement infrarouge et au rayonnement visible.

10 7. Procédé selon les revendications 1 et 4, utilisant les dispositifs selon les revendications 2, 3, 5 et 6, procédé caractérisé par le fait  
qu'une information relative à des diamètres de plantes cultivées (4a) est obtenue sur la base de signaux détectés, par détection, dans l'unité d'interprétation, de la durée du signal provenant d'une plante (4a) et de la vitesse de déplacement effective de l'appareil agricole ;  
15 par le fait que le diamètre de la plante est calculé dans l'unité d'interprétation, à partir de ces deux grandeurs, puis est comparé au diamètre de plantes venues à maturité de récolte, mémorisé dans l'unité d'interprétation ; et  
20 par le fait qu'une récolteuse automatique est commandée à l'aide de l'information ainsi obtenue.

Fig.1

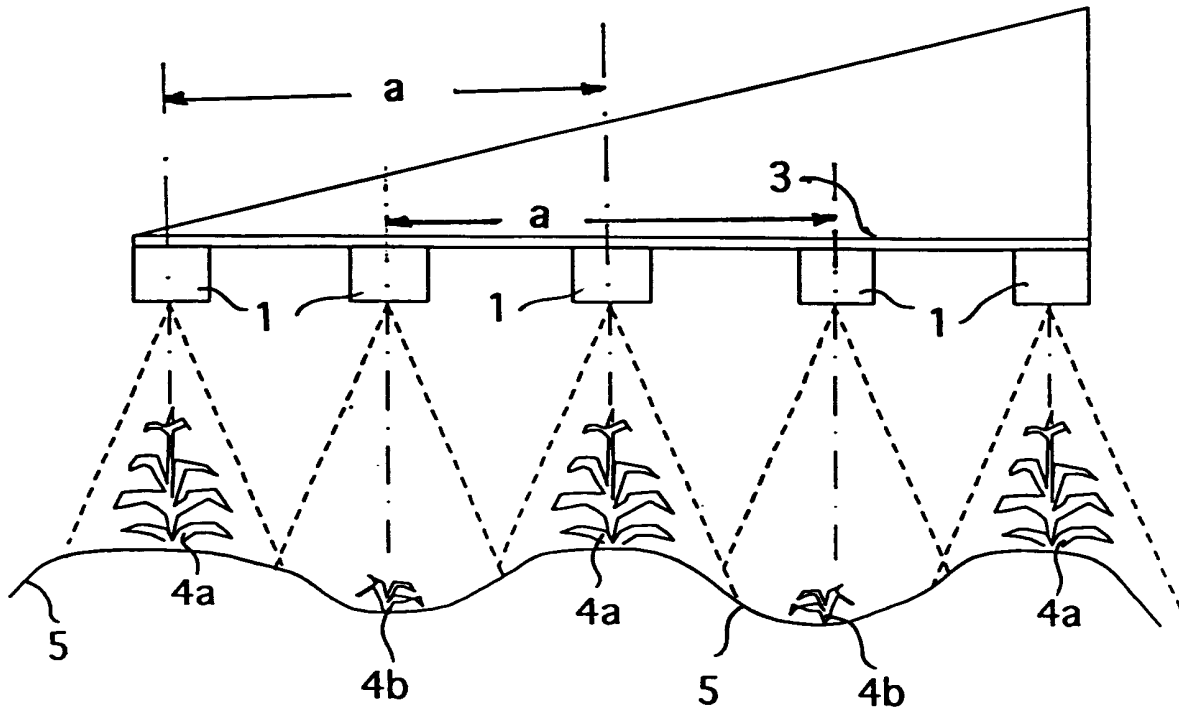


Fig.2

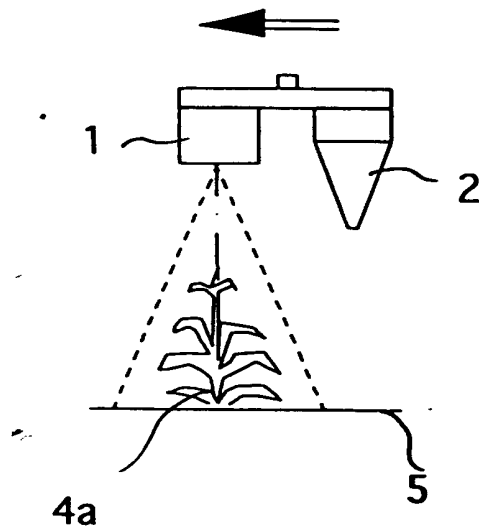


Fig.3A

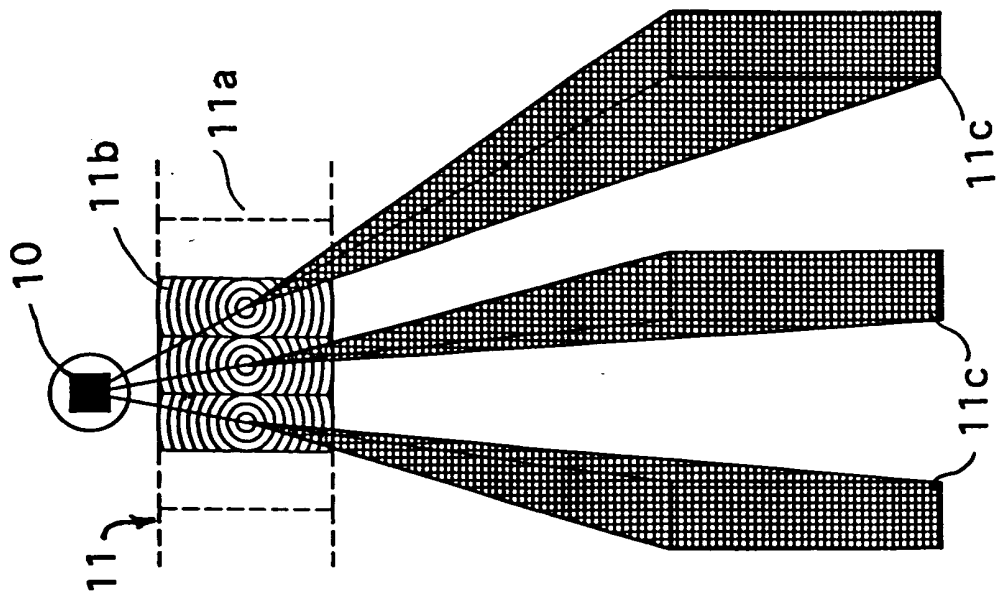


Fig.3B

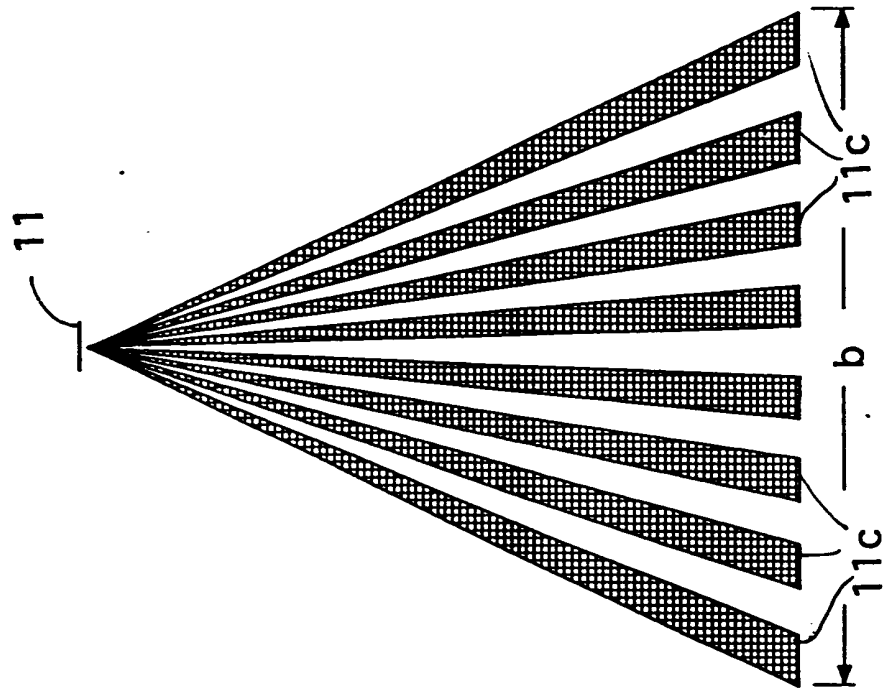


Fig.3C

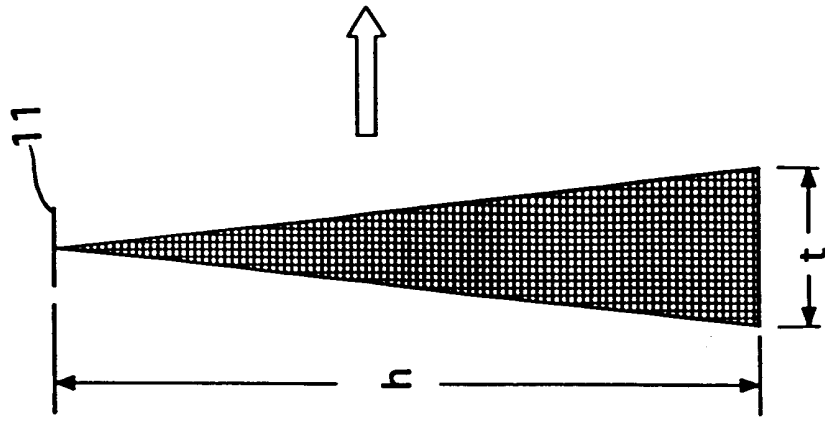


Fig.4

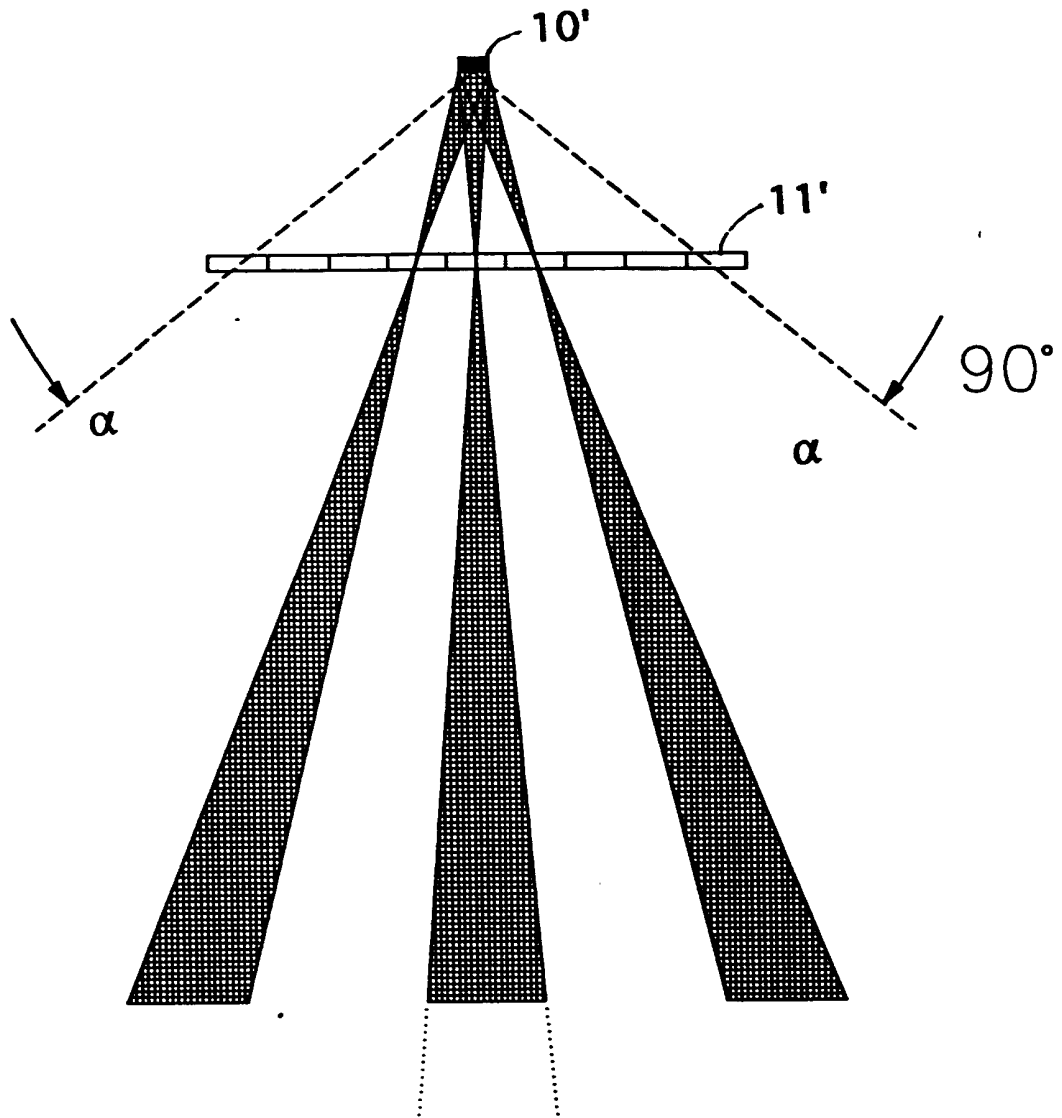


Fig.5

