

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
16 mai 2019 (16.05.2019)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/092107 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G05D 1/02 (2006.01) G01R 33/00 (2006.01)
A01D 34/00 (2006.01)

POUR L'ENVIRONNEMENT ET L'AGRICULTURE

[FR/FR] ; 1 Rue Pierre Gilles de Gennes, 92160 ANTONY (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2018/080619

(72) Inventeurs : **MOIROUX ARVIS, Laure** ; 8 bis Chemin du Midi, 63960 VEYRE MONTON (FR). **RAMEAU, Philippe** ; 47 rue de l'Oradou, 63000 CLERMONT FERRAND (FR).

(22) Date de dépôt international :

08 novembre 2018 (08.11.2018)

(74) Mandataire : **DESCHAMPS, Samuel** ; IPSIDE, 7, 9, allées Haussmann, 33300 Bordeaux (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1760523 09 novembre 2017 (09.11.2017) FR

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,

(71) Déposant : **INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

(54) Title: ELECTRONIC SECURITY SYSTEM FOR MOBILE ROBOTS

(54) Titre : SYSTEME DE SECURITE ELECTRONIQUE POUR ROBOTS MOBILES

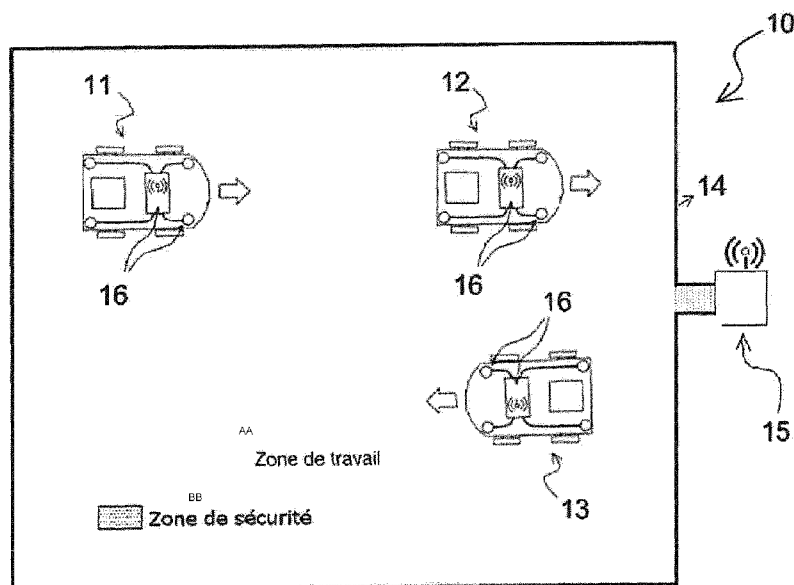


Fig.1

AA Working zone
BB Security zone

(57) Abstract: The present invention relates to an electronic security system (10) for mobile robots (11), making it possible to define a working zone, which said robots (11) are not authorised to leave, said working zone being delimited by a wire (14) connected to a generator (15), in which said generator (15) transmits in said wire (14) a coded electrical signal in order to create an electromagnetic field around said wire (14), each of said robots (11) being provided with a security module (16) which, as a function of the intensity of said electromagnetic field, determines the distance (D) between said robot (11) and said wire (14), in which said security module (16) includes means for halting said robot (11) when the distance (D) between said robot (11) and said wire (14) is lower than a predetermined threshold (S), and in which said generator (15) includes means for controlling the signal sent into said wire (14) in order to maintain

[Suite sur la page suivante]

KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

a constant electromagnetic field. Abstract figure

(57) Abrégé : La présente invention se rapporte à un système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles, permettant de définir une zone de travail, dont lesdits robots (11) ne sont pas autorisés à sortir, ladite zone de travail étant délimitée par un fil (14) relié à un générateur (15), dans lequel ledit générateur (15) transmet dans ledit fil (14) un signal électrique codé afin de créer un champ électromagnétique autour dudit fil (14), chacun desdits robots (11) étant équipé d'un module (16) de sécurité qui, en fonction de l'intensité dudit champ électromagnétique, détermine la distance (D) entre ledit robot (11) et ledit fil (14), dans lequel ledit module (16) de sécurité comporte des moyens pour arrêter ledit robot (11) lorsque la distance (D) entre ledit robot (11) et ledit fil (14) est inférieure à un seuil (S) prédéterminé, et dans lequel ledit générateur (15) comporte des moyens pour asservir le signal envoyé dans ledit fil (14) afin de conserver un champ électromagnétique constant. Figure d'abrégé

SYSTEME DE SECURITE ELECTRONIQUE POUR ROBOTS MOBILES

Domaine de l'invention

5 La présente invention se rapporte au domaine des systèmes de sécurité électronique pour robots.

 En robotique mobile, les industriels proposent des robots autonomes pouvant effectuer différents types de travaux. Pour assurer le guidage
10 automatique, ces véhicules autonomes sont équipés de dispositifs de géolocalisation.

 Dans un bon fonctionnement, le véhicule évolue dans sa zone de travail. Mais il se pourrait qu'en cas de défaillance du système de localisation, il sorte
15 de cette zone. Dans ce cas, le robot peut représenter un danger pour les biens et les personnes se trouvant à proximité, mais également présenter un risque d'endommagement pour son propre compte.

 Pour renforcer la sécurité liée à l'utilisation des robots ou véhicules
20 autonomes professionnels dans une zone de travail donnée, les Inventeurs de la présente invention ont développé une barrière électronique de sécurité permettant de délimiter une aire d'évolution dont les véhicules ne peuvent pas sortir.

25 Pour définir cette zone de travail, l'utilisateur met en place un fil tout en formant une boucle, qui est reliée de part et d'autre à un générateur. Celui-ci envoie dans le fil un courant électrique afin de créer un champ électromagnétique autour de celui-ci.

30 Les véhicules sont équipés de détecteurs qui, en fonction du champ électromagnétique mesuré, vont en déduire la distance du robot par rapport au fil. Si le robot s'approche à une certaine distance du fil, il est automatiquement arrêté.

Etat de la technique

On connaît dans l'état de la technique la demande de brevet européen
5 N° EP 2 945 037 (iRobot) « *Système de confinement de robot mobile autonome* », qui se rapporte à un système de confinement de tondeuse à gazon robotisée comprenant au moins deux unités de distribution et une unité motorisée en connexion filaire avec les deux unités de distribution. Chaque
10 unité de distribution comprend un boîtier contenant une longueur de fil de délimitation relié électriquement au boîtier à une extrémité et se terminant par un connecteur conjugué pour transférer un signal électrique à l'extrémité opposée. Chaque unité de distribution comprend également une borne de réception disposée sur le boîtier pour recevoir un connecteur correspondant d'une autre unité de distribution. L'unité motorisée comprend au moins un
15 connecteur électrique configuré pour connecter et délivrer du courant à au moins l'une des deux unités de distribution. Les unités de distribution et l'unité alimentée peuvent être agencées et connectées pour former une boucle de fil de frontière connectée reconnaissable par la tondeuse à gazon robotisée.

20 On connaît dans l'état de la technique la demande de brevet britannique N° GB 201306437 (F Robotics Acquisition) « *Système robotique domestique et robot associé* », qui concerne un système robotique domestique qui comprend un robot qui est programmé pour se déplacer dans une zone de travail définie par une frontière et qui possède un ou plusieurs capteurs de distance de limite
25 qui lui permettent d'estimer la distance courante à partir de la frontière. Le robot est d'abord programmé pour se déplacer sur la zone de travail et, d'autre part, lorsque les capteurs de distance limite indiquent que le robot est à une distance X de la frontière et s'approche de la frontière, le robot commence à tourner progressivement. Ce virage progressif est tel que le robot change
30 progressivement de direction tout en continuant à se déplacer à travers ladite zone de travail, et le robot passe de l'approche de la frontière à l'éloignement de la frontière. Le robot est également programmé de façon à calculer un trajet pour le virage graduel de telle sorte que, pendant le virage progressif, le robot

approche la limite jusqu'à une distance prédéterminée E, puis s'éloigne de la frontière.

On connaît dans l'état de la technique la demande internationale N° WO
5 2015/115949 (Husqvarna) « *Système d'outil de travail robotique à fil de
délimitation* », qui se rapporte à un système d'outil de travail robotisé
comprenant un générateur de signal, un fil de délimitation et un outil de travail
robotisé, ledit fil de délimitation étant adapté pour délimiter une zone de travail,
ledit générateur de signal étant agencé pour transmettre un signal de
10 commande à travers ledit fil de frontière, et ledit outil de travail robotisé
comprenant au moins un capteur pour détecter ledit signal de commande qui
est transmis par le fil de frontière. Le système d'outil de travail robotisé est
caractérisé en ce que ledit signal impulsif comprend au moins un premier
train d'impulsions transmis à une première amplitude et au moins un second
15 train d'impulsions transmis à une seconde amplitude.

On connaît dans l'état de la technique, la demande internationale N° WO
2012/05642 (Husqvarna) « *Dispositif de communication et de sécurité pour
systèmes aidés par les limites* » qui concerne un procédé et un système de
20 commande d'un outil de jardinage robotisé autour d'une zone de travail dans un
système assisté par fil de délimitation. Le système comprend l'outil de jardinage
robotisé pour effectuer une opération dans la zone de travail, qui est au moins
partiellement définie par une frontière. La frontière sépare la zone de travail
d'une zone non fonctionnelle. L'outil de jardinage robotisé comprend également
25 des moyens de détection pour détecter la limite. De plus, l'outil de jardin
robotique est adapté pour recevoir un signal d'état envoyé depuis une source
de signal et l'outil de jardin robotique est configuré pour arrêter le
fonctionnement, lorsque le signal d'état fournit un signal d'arrêt.

30 **Exposé de l'invention**

La présente invention entend remédier aux inconvénients de l'art
antérieur en proposant un système de sécurité électronique pour robots

mobiles, dans lequel le générateur effectue un asservissement automatique sur le signal circulant dans le fil, afin de garantir l'arrêt du robot à une distance toujours identique le long du fil.

5 A cet effet, la présente invention concerne, dans son acception la plus générale, un système de sécurité électronique pour robots mobiles, permettant de définir une zone de travail, dont lesdits robots ne sont pas autorisés à sortir, ladite zone de travail étant délimitée par un fil relié à un générateur, dans lequel ledit générateur transmet dans ledit fil un signal électrique codé afin de créer
10 un champ électromagnétique autour dudit fil, chacun desdits robots étant équipé d'un module de sécurité qui, en fonction de l'intensité dudit champ électromagnétique, détermine la distance entre ledit robot et ledit fil, dans lequel ledit module de sécurité comporte des moyens pour arrêter ledit robot lorsque la distance entre ledit robot et ledit fil est inférieure à un seuil prédéterminé, et
15 dans lequel ledit générateur comporte des moyens pour asservir le signal envoyé dans ledit fil afin de conserver un champ électromagnétique constant.

Ainsi, grâce à la présente invention, le signal émis par le générateur est asservi pour que l'intensité du champ électromagnétique autour du fil soit
20 toujours la même. Par conséquent, la distance de la zone d'arrêt du véhicule par rapport au fil reste identique quelque soit la longueur du fil déployée, et quelles que soient les conditions météorologiques. Aucun réglage manuel n'est nécessaire pour l'utilisateur.

25 Les avantages du système de sécurité selon la présente invention sont les suivants :

- Optimisation du champ électromagnétique à la mise sous tension du système et pendant le fonctionnement ;
- 30 - Absence de réglage ;
- Adaptation automatique aux différents périmètres de travail ;
- Autonomie énergétique ;

- Ajustement de la zone de sécurité ;
- Détection de défaut et arrêt et mise en sécurité du robot mobile.

Avantageusement, le périmètre de ladite zone de travail est compris entre deux cents mètres et dix kilomètres.

5

Selon un mode de réalisation, ledit générateur comporte des moyens pour transmettre audit module de sécurité un message relatif à l'état de fonctionnement dudit système.

10 De préférence, ledit module de sécurité comporte au moins un module de détection.

Selon un mode de réalisation, ledit générateur est un boîtier portable et autonome.

15

Selon un mode de réalisation, ledit seuil prédéterminé relatif à la distance entre ledit robot et ledit fil, au dessous duquel ledit module de sécurité arrête ledit robot, est compris entre cinquante centimètres et cinq mètres.

20 Selon un mode de réalisation, ledit fil est posé au sol.

Selon un mode de réalisation, ledit fil est enterré dans le sol à une profondeur comprise entre un et dix centimètres.

25 Selon un mode de réalisation, ledit fil est au-dessus du sol à une hauteur inférieure à un mètre.

Avantageusement, ledit module de sécurité est connecté au circuit d'arrêt d'urgence dudit robot.

30

Avantageusement, ledit seuil prédéterminé est réglable.

Selon un mode de réalisation, ledit système comporte des moyens pour transmettre à un opérateur, par l'intermédiaire d'un terminal, un signal d'information sur le fonctionnement dudit système.

5

Brève description des dessins

On comprendra mieux l'invention à l'aide de la description, faite ci-après à titre purement explicatif, d'un mode de réalisation de l'invention, en référence aux Figures dans lesquelles :

- la Figure 1 est un schéma de principe du système de sécurité selon la présente invention ;
- la Figure 2A illustre le signal généré dans le fil de délimitation ;
- 15 • la Figure 2B représente le modèle électrique du fil de délimitation ;
- la Figure 2C représente le modèle électrique du fil de délimitation avec un condensateur inséré ;
- la Figure 3A représente l'évolution de l'impédance du fil de délimitation en fonction de la valeur du condensateur d'accord à la fréquence centrale et différentes longueurs de fil ;
- 20 • la Figure 3B illustre un circuit de redressement simple alternance ;
- la Figure 3C représente l'extraction de l'enveloppe du signal ;
- 25 • les Figures 4A et 4B représentent le signal généré et filtré à une fréquence de 10 kHz et sa représentation spectrale ;
- les Figures 5A et 5B illustrent le signal filtré à une fréquence de 9 kHz ;
- les Figures 6A et 6B représentent le signal filtré à une fréquence de 11 kHz ;
- 30 • La Figure 7 illustre le placement des boîtiers sur un robot ;
- La Figure 8 est un schéma de principe électronique des détecteurs ;

- La Figure 9 est un schéma de principe électronique du superviseur ;
- La Figure 10 illustre un robot équipé et un fil déroulé au sol ; et
- La Figure 11 est un schéma fonctionnel du générateur.

5

Description détaillée des modes de réalisation de l'invention

La présente invention se rapporte à un système 10 de sécurité électronique pour robots 11 mobiles, permettant de définir une zone de travail, dont lesdits robots 11 ne sont pas autorisés à sortir, ladite zone de travail étant délimitée par un fil 14 relié à un générateur 15, dans lequel ledit générateur 15 transmet dans ledit fil 14 un signal électrique codé afin de créer un champ électromagnétique autour dudit fil 14, chacun desdits robots 11 étant équipé d'un module 16 de sécurité qui, en fonction de l'intensité dudit champ électromagnétique, détermine la distance D entre ledit robot 11 et ledit fil 14, dans lequel ledit module 16 de sécurité comporte des moyens pour arrêter ledit robot 11 lorsque la distance D entre ledit robot 11 et ledit fil 14 est inférieure à un seuil S prédéterminé, et dans lequel ledit générateur 15 comporte des moyens pour asservir le signal envoyé dans ledit fil 14 afin de conserver un champ électromagnétique constant.

Le système de sécurité 10 selon la présente invention permet de définir une zone de travail dont les robots autonomes ne peuvent pas sortir. Cette zone de travail est délimitée par un fil 14, qui, dans un mode de réalisation est posé au sol, et qui est relié de part et d'autre à un générateur 15. Quelle que soit la longueur de fil déployée, la largeur de la zone d'arrêt des robots 11 reste identique.

Le générateur 15 envoie dans le fil 14 un courant électrique afin de créer un champ électromagnétique autour de celui-ci. Chaque robot 11 évoluant dans la zone de travail est équipé d'un ou plusieurs détecteurs. Ces détecteurs déterminent, en fonction de l'intensité du champ électromagnétique, la distance D du robot par rapport au fil 14.

Dans la zone de travail, plusieurs robots peuvent évoluer en même temps, cela n'a pas d'influence sur la sécurité. La zone de sécurité reste identique quel que soit le nombre de robots.

5 Le système 10 est composé de trois ensembles électroniques :

- Un générateur 15 : boîtier portable et autonome fournissant un signal électrique codé dans le fil 14 de la barrière. Le signal généré est asservi afin de garantir une largeur de zone de sécurité le long du fil 14 toujours
10 identique. Le générateur informe en permanence les modules de sécurité de son bon fonctionnement via une liaison radio. Le générateur est alimenté par une batterie 12V.

- Un fil 14 de délimitation souple et robuste.

15

- Un module 16 de sécurité placé sur le véhicule. Ce module 16 intègre un ou plusieurs boîtiers de détection suivant la géométrie du véhicule (modules placés à l'avant / arrière / cotés) afin d'assurer la sécurité
20 quelle que soit l'orientation du robot 11 par rapport au fil 14.

20

Il intègre également un boîtier de supervision qui centralise les informations venant des détecteurs, commande l'arrêt du véhicule si nécessaire et s'assure du bon fonctionnement du générateur 15 en communiquant avec celui-ci par une liaison sans fil.

25

La Figure 1 est un schéma de principe du système 10 de sécurité selon la présente invention.

L'ensemble du système 10 de sécurité est simple à mettre en place. La
30 délimitation de la zone de travail est réalisée par la simple pose d'un fil 14 sur le sol formant une boucle et dont les extrémités sont raccordées à un générateur 15.

Dans un mode de réalisation, le générateur 15 est autonome et alimenté par une batterie 12V. Il envoie dans le fil 14 un faible courant électrique sous la forme d'un signal codé. L'originalité du générateur 15 développé est d'effectuer un asservissement dans le fil 14 afin de conserver un champ électromagnétique constant. Ainsi, quelle que soit la longueur de fil déployée, il n'y a pas de variation de la largeur de la zone de sécurité.

Cette procédure d'asservissement du signal est entièrement automatique. Elle est effectuée lors de la mise en route du générateur 15 mais aussi en cours de fonctionnement afin de compenser d'éventuelles variations d'impédance.

Sur les robots 11, au moins deux modules sont montés. Le premier module qui centralise les informations et gère l'arrêt du véhicule se connecte simplement en série sur le circuit d'arrêt d'urgence. Le second module de détection est placé à l'avant du véhicule, dans le cas où un seul détecteur est installé.

Dans un mode de réalisation, ces deux ensembles nécessitent une alimentation comprise entre 9V et 36V. Cette large plage de tension d'alimentation permet d'être compatible avec la majorité des sources électriques disponibles sur les robots mobiles.

Le générateur 15 envoie par ailleurs des informations, via une liaison sans fil sécurisée (radio RF), au module 16 de sécurité, situé sur le véhicule. Il l'informe ainsi, au démarrage et ensuite toutes les secondes, de l'état de fonctionnement de la barrière.

Trois messages peuvent être transmis :

- Etat de « Bon fonctionnement du générateur » : aucune action n'est menée au niveau du module 16 de sécurité du véhicule ;
- Etat de « Défaut de fonctionnement du générateur » : le module 16 de sécurité arrête alors le véhicule quelque soit sa position dans la zone de

travail. Ce problème de fonctionnement peut être dû à une coupure du fil 14.

- Etat « d'initialisation » du générateur : le générateur est en phase de réglage afin de générer le signal optimal dans le fil. Durant cette phase, le module de sécurité arrête le robot. Si le module 16 de sécurité du véhicule ne reçoit plus de message venant du générateur 15, il arrête également le véhicule. Cette absence de message peut supposer que le générateur 15 ou le module de liaison sans fil connaissent une défaillance et donc que le système 10 de sécurité n'est plus en fonction.

10

Le générateur 15 assure les fonctions suivantes :

- Créer un champ électromagnétique constant autour du fil 14 afin de garantir une distance de détection toujours identique du véhicule par rapport à la barrière.
- Faire circuler dans le fil 14 un signal spécifique « codé » identifiable par les détecteurs embarqués sur les véhicules. Le codage permet ainsi de s'affranchir des parasites électriques environnants.
- Assurer un autodiagnostic afin de détecter tout mauvais fonctionnement
- Envoyer toutes les secondes des informations aux modules de sécurité des véhicules installés sur chaque véhicule.

20

Pour le générateur 15, ce fil 14 représente une charge électrique. L'impédance de cette charge varie en fonction de la longueur du fil 14, de la forme de la boucle, de la nature du sol et des conditions météorologiques (humidité du sol plus ou moins importante). L'intensité du champ magnétique rayonné est directement proportionnelle à l'intensité du courant dans le fil 14. Si l'impédance varie et que l'amplitude du signal généré reste la même, le champ électromagnétique varie. Or, il est indispensable que ce champ soit constant puisqu'il détermine la largeur de la zone d'arrêt du véhicule.

25

30

Par l'intermédiaire d'un asservissement, on réalise une adaptation d'impédance dynamique entre le générateur 15 et le fil 14.

Le principe consiste à ajouter une capacité d'accord variable en série avec le fil 14. Cette capacité minimise l'impédance totale du fil 14 à une basse fréquence de travail. Pour ce faire, on dispose sur la carte électronique d'un jeu de capacités commutées numériquement jusqu'à trouver l'accord optimal. De plus, afin d'affiner le réglage de l'amplitude du signal, un amplificateur à gain variable est placé sur la carte. Une analyse spectrale est réalisée sur le signal véhiculé dans la boucle afin de contrôler que l'amplitude et l'accord optimum ont été trouvés.

Le générateur 15 génère un courant analogique dans le fil 14 de délimitation pour créer un champ électromagnétique détectable par les mobiles à l'approche du fil. Dans un mode de réalisation, ce courant se caractérise par une excursion périodique de fréquences entre 8 et 12 kHz centrée sur la fréquence 10 kHz, l'amplitude de la trame est maximum à la fréquence centrale et minimum aux fréquences extrêmes.

La Figure 2A illustre le signal généré dans le fil de délimitation.

Le générateur 15 fonctionne avec des fils 14 de délimitation de différentes longueurs. En fonction de la qualité du conducteur, de la longueur du fil 14 et de la géométrie de la pose, les propriétés électriques du fil 14 évoluent. L'impédance équivalente du fil 14 varie et s'oppose à l'établissement du courant dans le fil 14.

La modélisation du fil 14 est représentée par une inductance et une résistance en série.

La Figure 2B représente le modèle électrique du fil de délimitation.

L'équation de l'impédance du fil est la suivante :

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2 * \omega^2}$$

L'insertion d'un condensateur dans le circuit du fil permet de réduire l'impédance.

La Figure 2C représente le modèle électrique du fil de délimitation avec
5 un condensateur inséré.

On a :

- L : inductance du fil
- 10 - R : résistance du fil
- C : condensateur utilisé pour l'accord

$$Z = \sqrt{\left((L * \omega) - \left(\frac{1}{C * \omega} \right) \right)^2 + R^2}$$

Avec $L * \omega = \frac{1}{C * \omega}$

15 $Z = R$

La Figure 3A représente l'évolution de l'impédance du fil de délimitation en fonction de la valeur du condensateur d'accord à la fréquence centrale et différentes longueurs de fil.

20

Le générateur 15 remplit les fonctions suivantes :

- réduire la valeur de l'impédance à la valeur résistive du fil 14 ;
- régler l'amplitude du courant dans le fil 14 pour déterminer la distance de détection entre le fil 14 et le détecteur ;
- 25 • détecter une anomalie (fil coupé, fil trop long ou trop court, résistivité du fil importante, fil enroulé partiellement sur la bobine) ;
- envoyer l'état de fonctionnement de la barrière, via une communication radio, aux dispositifs de sécurité présents sur les robots.

30 Le générateur 15 est constitué de deux parties : une carte d'acquisition, de génération analogique et de traitement du signal et une carte de puissance.

5 | Suivant les longueurs de fil déployées, la carte de puissance sélectionnée dans le générateur est différente. Une première carte de puissance gère les longueurs allant de 200 m à 4000 m et une seconde carte gère les longueurs allant de 4000 m à 10 000 m. Le générateur bascule automatiquement sur l'une ou l'autre des deux cartes suivant la longueur du fil de délimitation.

10 La fonction FP1.1 et FP1.2 : Le signal analogique constituant la trame est généré à partir de données numériques stockées en mémoire et converties par un microcontrôleur. Le signal est ensuite amplifié en puissance pour circuler dans le fil 14 de délimitation. L'amplitude du signal est réglable afin d'ajuster la distance entre les détecteurs et le fil 14.

15 La fonction FP1.3 Une résistance de mesure est insérée en série avec le fil 14 pour effectuer la mesure du courant dans le fil 14. Le signal issu de la mesure du courant est amplifié et est numérisé par le microcontrôleur.

Le fonctionnement du générateur 15 est décrit ci-après.

20 Une phase d'initialisation est lancée à la mise sous tension du générateur 15. Elle consiste à rechercher une optimisation du courant dans le fil 14 par l'ajustement de la valeur du condensateur d'accord. Toutes les valeurs de capacité sont scrutées, une analyse spectrale est effectuée à chaque commutation, la valeur du condensateur correspondant à l'amplitude maximum de la fréquence centrale est déterminée. Cette valeur est utilisée pour accorder le fil 14. L'étape suivante est l'ajustement de l'amplitude du spectre à 10 kHz en modifiant l'amplitude de la tension du signal émis afin de régler la distance entre les détecteurs et le fil 14.

30 Le signal généré est en permanence analysé. Si la fréquence de l'amplitude maximum s'écarte trop de la fréquence centrale ou si l'amplitude maximum est inférieure à un seuil défini, la phase d'initialisation est relancée.

Un indicateur sonore installé sur le générateur est en fonctionnement pendant cette phase d'initialisation.

Un message de sécurité est envoyé en permanence, par une communication sans fil, aux modules de sécurité installés sur les robots. Il rend compte de l'état du générateur 15 et du fil 14.

5 Il y a trois messages différents :

- Message de type 1 qui indique un bon fonctionnement.
- Message de type 2 qui indique l'exécution de la phase d'initialisation.
- Message de type 3 qui indique un fil coupé ou une impossibilité d'accord.

10

La phase normale correspond au déroulement normal du générateur 15. Elle consiste à exécuter une analyse spectrale à chaque trame envoyée. Ce qui permet de vérifier et de corriger toutes dérives des caractéristiques du signal en ajustant la valeur de la capacité d'accord et de l'amplitude. Un écart trop

15 important des valeurs nécessite le lancement de la phase d'initialisation.

15

Lors de la phase d'initialisation, le signal du courant dans le fil 14 peut être très faible et noyé dans le bruit électronique. La localisation d'une amplitude maximum est impossible ou déterminée par erreur en raison de

20 l'amplitude d'un pic d'un parasite.

20

Une des méthodes utilisée est la détection de l'enveloppe (circuit de redressement simple alternance). Elle permet d'extraire le contour du signal reçu. Il faut ensuite déterminer la position temporaire du maximum d'amplitude

25 relative au début de la trame pour en estimer la fréquence. La variation fréquentielle de la trame doit être linéaire pour ne pas introduire une incertitude dans la mesure de la fréquence. L'amplitude du signal doit avoir un niveau correct pour évaluer les maximums.

25

30 La Figure 3B illustre un circuit de redressement simple alternance, et la Figure 3C représente l'extraction de l'enveloppe du signal.

30

La méthode utilisée dans le générateur 15 consiste à faire une analyse spectrale du signal en appliquant une transformation de Fourier sur le signal numérique, la présentation spectrale obtenue est utilisée pour déterminer le point optimum et fixer la valeur du condensateur d'accord.

5

Les Figures 4A et 4B représentent le signal généré et filtré à une fréquence de 10 kHz et sa représentation spectrale.

Les Figures 5A et 5B illustrent le signal filtré à une fréquence de 9 kHz.

10

Les Figures 6A et 6B représentent le signal filtré à une fréquence de 11 kHz.

L'annulation de l'écart de fréquences entre l'amplitude maximum du spectre et la fréquence centrale est l'objectif recherché pour l'obtention du réglage optimum.

15

Le module 16 de sécurité se compose de deux ensembles :

- Des détecteurs ;
- Un superviseur qui prend la décision de stopper le robot en fonction des informations provenant des détecteurs et du module de communication radio.

20

La Figure 7 illustre le placement des boîtiers sur un robot.

25

La Figure 8 est un schéma de principe électronique des détecteurs.

En référence à la Figure 8 :

- La Fonction FP2.1 est la fonction de mise en forme du signal. Cette fonction détecte et met en forme le signal : amplification, filtrage et réalisation d'un signal variable en fonction de la distance du robot par rapport au fil.

30

- La Fonction FP2.2 est la fonction d'analyse du signal. Cette fonction est composée d'un microcontrôleur, elle détermine le positionnement du robot par rapport au fil. Par une analyse sur plusieurs périodes du signal, cette fonction permet aussi de s'affranchir des parasites environnants.

5 Une fois le signal validé, les informations sont envoyées au superviseur.
L'alimentation des détecteurs en 12V provient du superviseur.

La Figure 9 est un schéma de principe électronique du superviseur.

10 En référence à la Figure 9 :

Fonction FP2.3 : Réception du signal provenant des détecteurs. Cette fonction réceptionne les signaux logiques de tous les détecteurs connectés et les centralise afin de n'avoir qu'une seule information à envoyer au
15 microcontrôleur (supervision).

Fonction FP2. : Module Radio. Ce module assure la réception des messages envoyés par le générateur. Ces messages sont ensuite analysés par le microcontrôleur.

20 Trois différents messages sont envoyés toutes les secondes suivant le fonctionnement du générateur :

- Message indiquant un bon fonctionnement
- Message indiquant que le générateur n'arrive pas à asservir un signal correct dans le fil
- 25 - Message indiquant la phase d'initialisation du générateur.

Le module radio sélectionné garantit la réception des messages dans la totalité de l'aire d'évolution des robots mobiles.

Fonction FP2.5 : Supervision. La supervision est assurée par un
30 microcontrôleur qui prend la décision d'arrêter le robot en fonction des informations reçues.

Les situations pouvant amener le microcontrôleur à arrêter le robot sont les suivantes :

- 5 • Le robot se trouve dans la zone de sécurité le long du fil de délimitation (fixée à 1.5 mètre du fil par défaut).
- Le module de sécurité du robot ne reçoit plus le signal radio envoyé toutes les secondes par le générateur. Cette non-réception du signal radio peut supposer que le générateur est éteint.
- 10 • Réception du signal radio signalant une impossibilité de générer un signal correct dans le fil (peut être dû à un fil trop long, fil coupé...).

Fonction FP2.6 : Arrêt d'urgence. Cette fonction, composée d'un relais, est pilotée par le microcontrôleur. Le relais est simplement connecté en série avec l'arrêt d'urgence du robot. Lorsque le module de sécurité n'est pas alimenté, le
15 relais est en position ouverte (le robot est à l'arrêt). Seul le microcontrôleur peut fermer le contact du relais et ainsi mettre en marche le robot.

La Figure 10 illustre un robot équipé et un fil déroulé au sol.

20 La Figure 11 est un schéma fonctionnel du générateur.

Dans un mode de réalisation, ledit générateur 15 comporte des moyens pour transmettre audit module 16 de sécurité un message relatif à l'état de
25 fonctionnement dudit système.

Dans un mode de réalisation, le périmètre de ladite zone de travail est compris entre deux cents mètres et dix kilomètres.

30 Dans un mode de réalisation, ledit générateur 15 est un boîtier portable et autonome.

Dans un mode de réalisation, ledit module 16 de sécurité comporte au moins un module de détection.

5 Dans un mode de réalisation, ledit seuil S prédéterminé relatif à la distance D entre ledit robot 11 et ledit fil 14, au dessous duquel ledit module 16 de sécurité arrête ledit robot 11, est compris entre cinquante centimètres et cinq mètres.

10 Dans un mode de réalisation, ledit fil 14 est posé au sol.

Dans un autre mode de réalisation, ledit fil 14 est enterré dans le sol à une profondeur comprise entre un et dix centimètres.

15 Dans un autre mode de réalisation, ledit fil 14 est au-dessus du sol à une hauteur inférieure à un mètre.

Dans un mode de réalisation, ledit module 16 de sécurité est connecté au circuit d'arrêt d'urgence dudit robot 11.

20 Dans un mode de réalisation, ledit seuil S prédéterminé est réglable.

Dans un mode de réalisation, ledit système 10 comporte des moyens pour transmettre à un opérateur, par l'intermédiaire d'un terminal, un signal d'information sur le fonctionnement dudit système 10.

25

L'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemple. Il est entendu que l'homme du métier est à même de réaliser différentes variantes de l'invention sans pour autant sortir du cadre du brevet.

30

REVENDEICATIONS

1. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles, permettant de définir une zone de travail, dont lesdits robots (11) ne sont pas autorisés à sortir, ladite zone de travail étant délimitée par un fil (14) relié à un générateur (15), ledit système étant caractérisé en ce que ledit générateur (15) transmet dans ledit fil (14) un signal électrique codé afin de créer un champ électromagnétique autour dudit fil (14), chacun desdits robots (11) étant équipé d'un module (16) de sécurité qui, en fonction de l'intensité dudit champ électromagnétique, détermine la distance (D) entre ledit robot (11) et ledit fil (14), en ce que ledit module (16) de sécurité comporte des moyens pour arrêter ledit robot (11) lorsque la distance (D) entre ledit robot (11) et ledit fil (14) est inférieure à un seuil (S) prédéterminé, et en ce que ledit générateur (15) comporte des moyens pour asservir le signal envoyé dans ledit fil (14) afin de conserver un champ électromagnétique constant.
2. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon la revendication 1, caractérisé en ce que le périmètre de ladite zone de travail est compris entre deux cents mètres et dix kilomètres.
3. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit générateur (15) comporte des moyens pour transmettre audit module (16) de sécurité un message relatif à l'état de fonctionnement dudit système (10).
4. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit module (16) de sécurité comporte au moins un module (17) de détection.

5. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit générateur (15) est un boîtier portable et autonome.

5

6. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit seuil (S) prédéterminé relatif à la distance (D) entre ledit robot (11) et ledit fil (14), au dessous duquel ledit module (16) de sécurité arrête ledit robot (11), est compris entre cinquante centimètres et cinq mètres.

10

7. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit fil (14) est posé au sol.

15

8. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit fil (14) est enterré dans le sol à une profondeur comprise entre un et dix centimètres.

20

9. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit fil (14) est au-dessus du sol à une hauteur inférieure à un mètre.

25

10. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit module (16) de sécurité est connecté au circuit d'arrêt d'urgence dudit robot (11).

30

11. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit seuil (S) prédéterminé est réglable.

12. Système (10) de sécurité électronique pour robots (11) mobiles selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour transmettre à un opérateur, par l'intermédiaire d'un terminal, un signal d'information sur le fonctionnement dudit système (10).

1/6

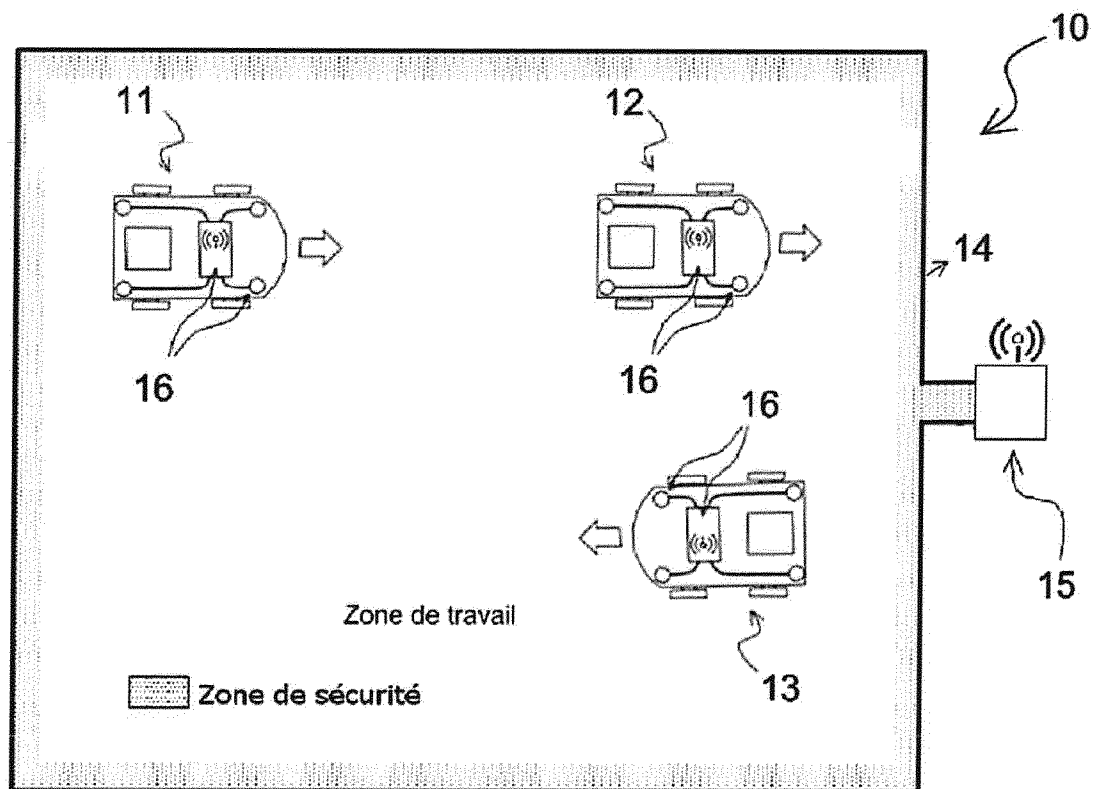
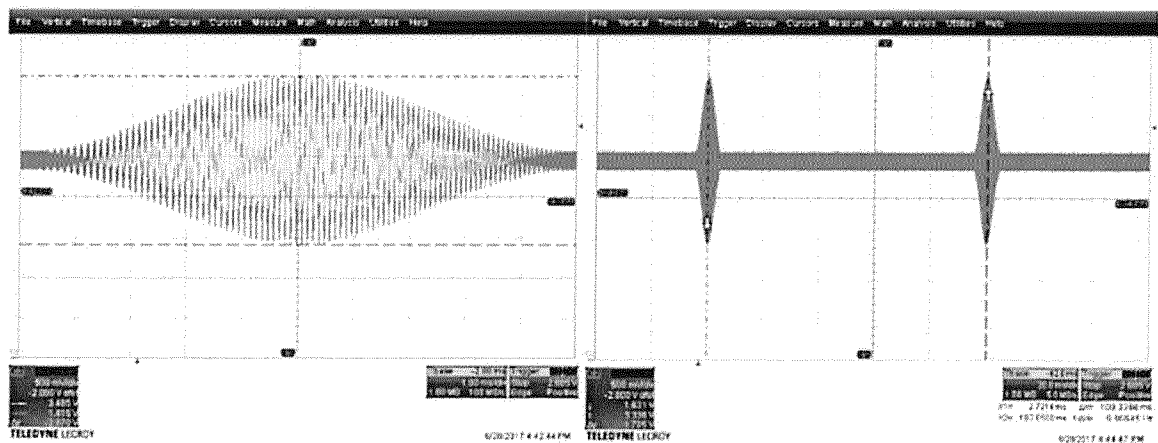
**Fig.1****Fig.2A**



Fig.2B

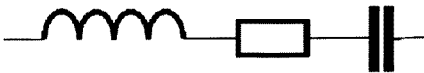


Fig.2C

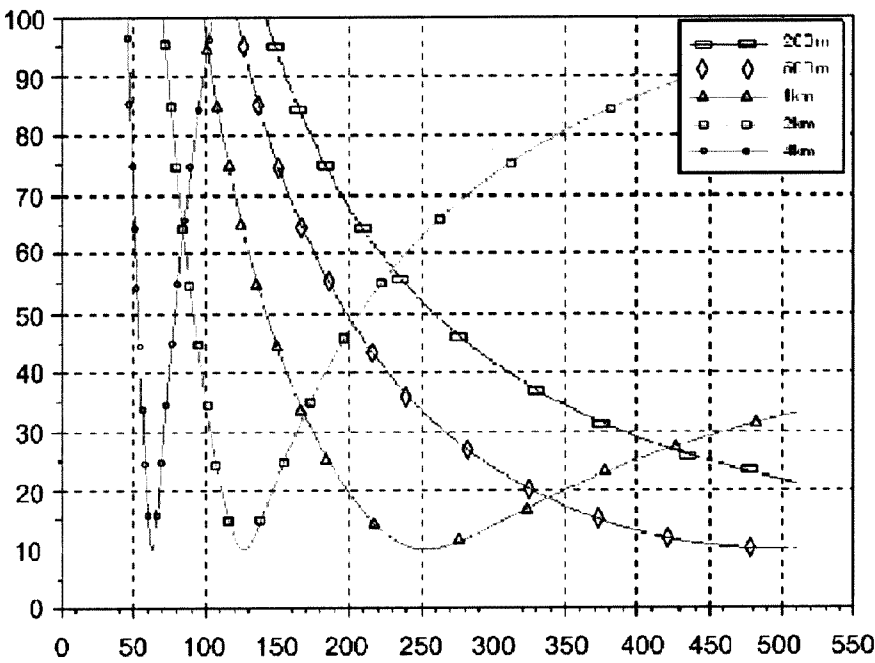


Fig.3A

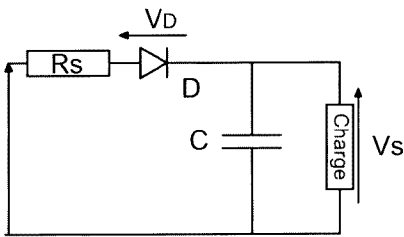


Fig.3B

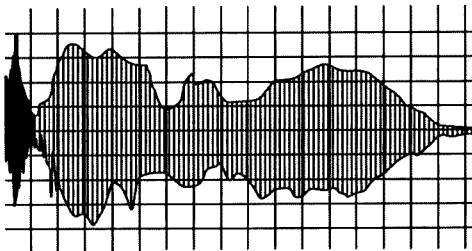


Fig.3C

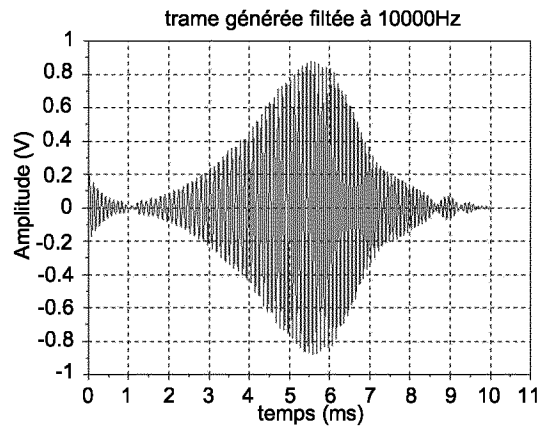


Fig.4A

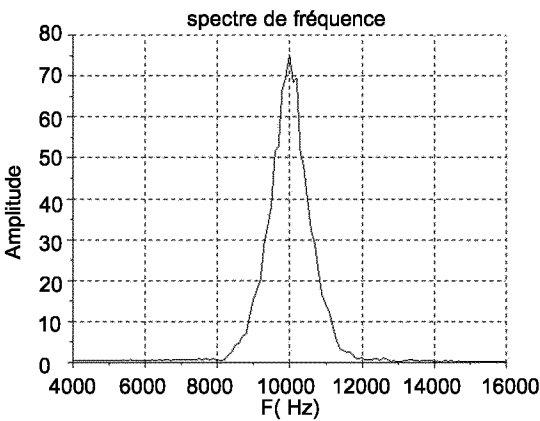


Fig.4B

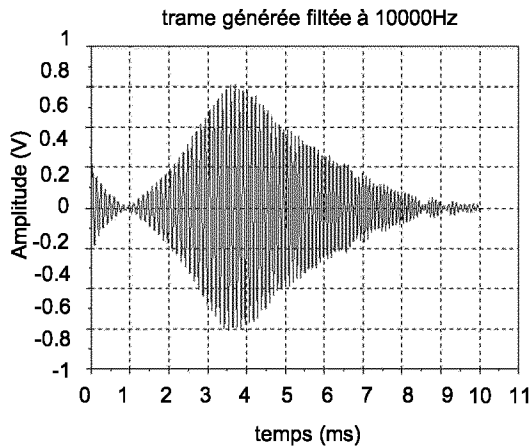


Fig.5A

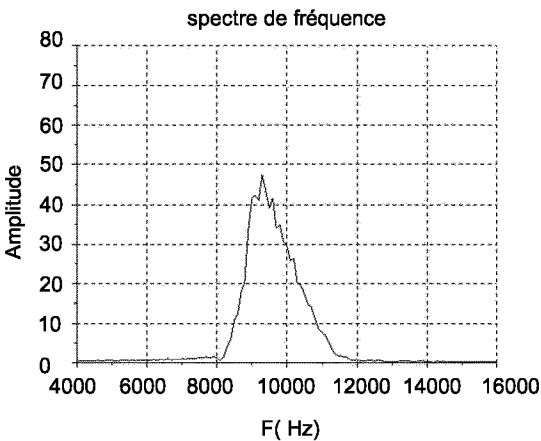


Fig.5B

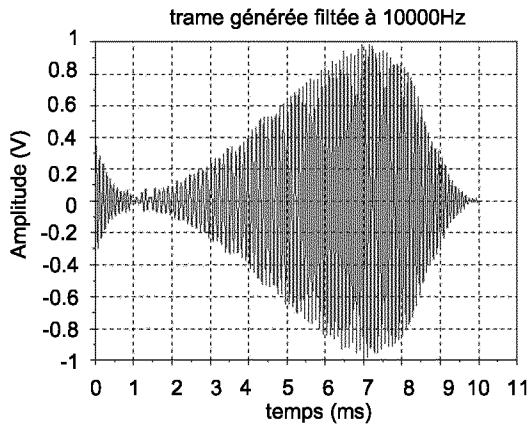


Fig.6A

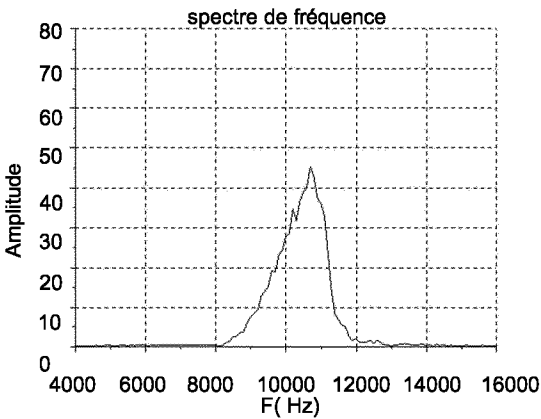
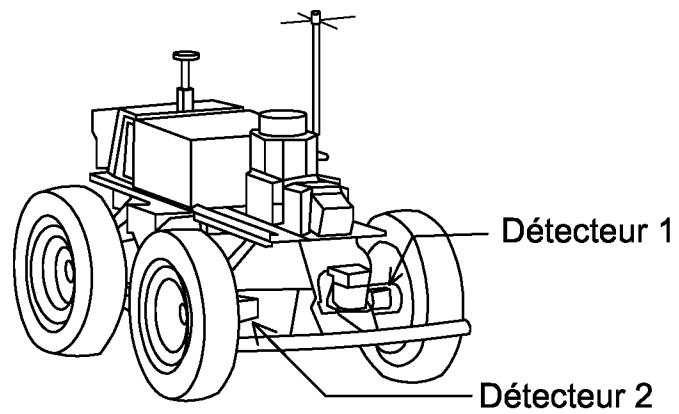
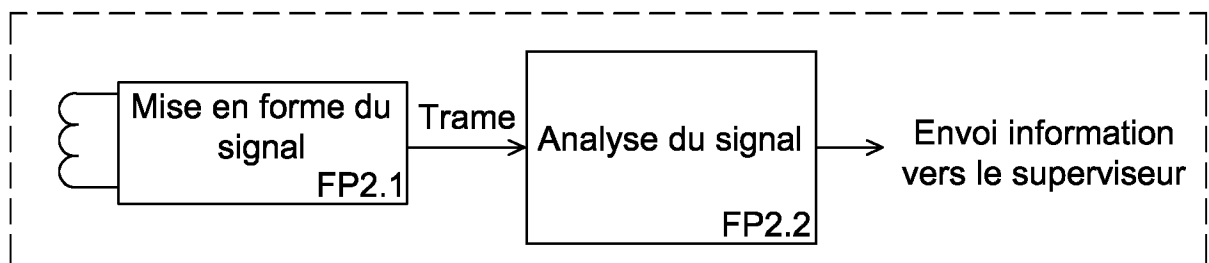
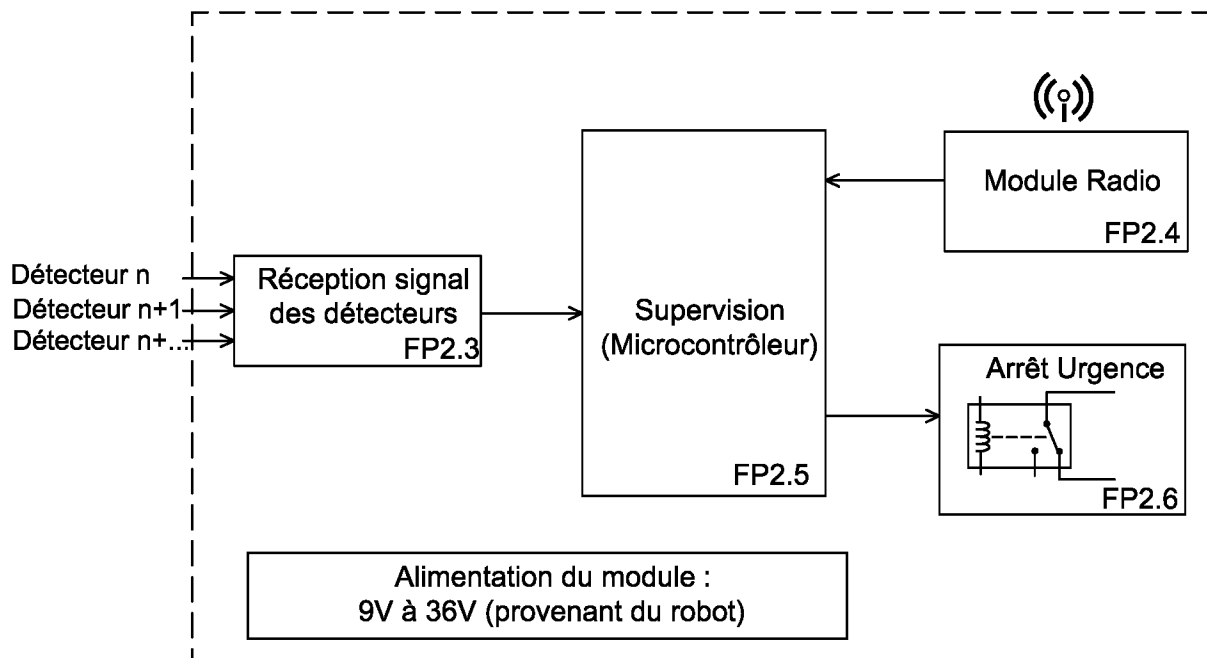
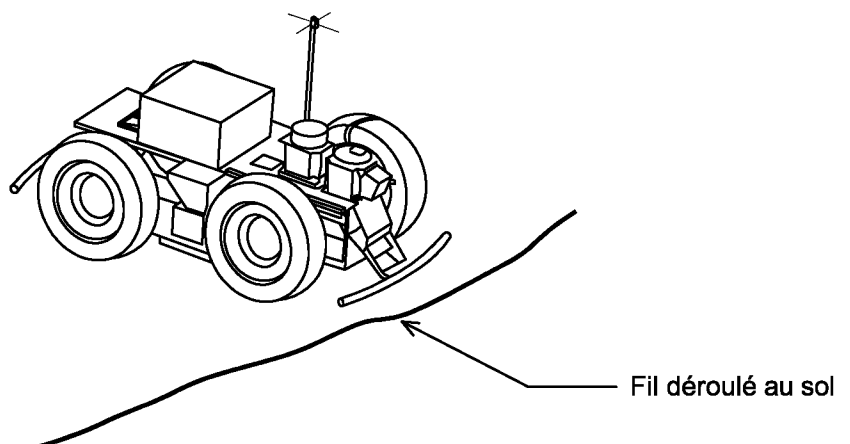


Fig.6B

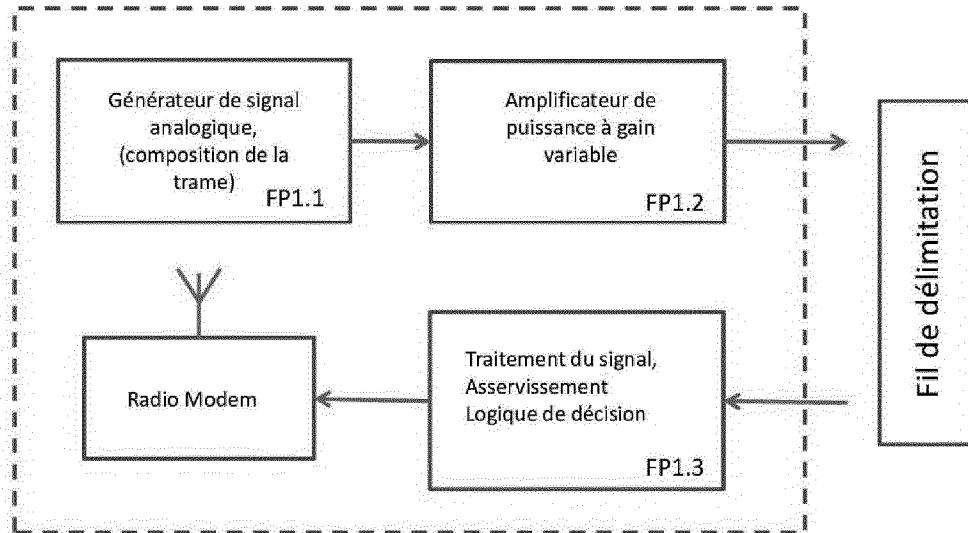
4/6

**Fig.7****Fig.8**

5/6

**Fig.9****Fig.10**

6/6

**Fig.11**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/080619

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G05D1/02 A01D34/00 G01R33/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01D G01R G05D A01K G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2014/012418 A1 (JOHNSON DAVID AUGUST [US] ET AL) 9 January 2014 (2014-01-09) Paragraphs [0002], [0004], [0045], [0046], [0049], [0050], [0073]; Figure 1. -----	1-12
Y	US 2006/112901 A1 (GOMEZ DAVID R [US]) 1 June 2006 (2006-06-01) Paragraphs [0002], [0007], [0032], [0035], [0058]-[0070]; Figures 1, 4. -----	1-12
Y	WO 2016/178616 A1 (HUSQVARNA AB [SE]) 10 November 2016 (2016-11-10) Page 12 lignes 15-30, page 13 lignes 24-28. ----- -/-	10,12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 January 2019

Date of mailing of the international search report

25/01/2019

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roch, Vincent

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/080619

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2017/153648 A1 (SJÖHOLM LUDVIG [SE]) 1 June 2017 (2017-06-01) cited in the application Paragraphs [0001], [0052]; Figures 2, 7. -----	3
A	EP 1 025 472 B1 (ELECTROLUX AB [SE]) 23 October 2002 (2002-10-23) Paragraphs [0001], [0015], [0019]; Figure 1, 6. -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/080619

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014012418 A1	09-01-2014	CN 103542800 A	29-01-2014
		EP 2684438 A1	15-01-2014
		US 2014012418 A1	09-01-2014

US 2006112901 A1	01-06-2006	NONE	

WO 2016178616 A1	10-11-2016	CN 107533333 A	02-01-2018
		EP 3292448 A1	14-03-2018
		SE 1550548 A1	05-11-2016
		US 2018129199 A1	10-05-2018
		WO 2016178616 A1	10-11-2016

US 2017153648 A1	01-06-2017	EP 3100126 A1	07-12-2016
		US 2017153648 A1	01-06-2017
		WO 2015115949 A1	06-08-2015

EP 1025472 B1	23-10-2002	AT 226740 T	15-11-2002
		AU 751789 B2	29-08-2002
		CA 2303923 A1	01-04-1999
		DE 29824544 U1	13-09-2001
		DE 69808964 T2	12-06-2003
		EP 1025472 A1	09-08-2000
		US 6300737 B1	09-10-2001
		WO 9915941 A1	01-04-1999

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2018/080619

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G05D1/02 A01D34/00 G01R33/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) A01D G01R G05D A01K G06F		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2014/012418 A1 (JOHNSON DAVID AUGUST [US] ET AL) 9 janvier 2014 (2014-01-09) Paragraphes [0002], [0004], [0045], [0046], [0049], [0050], [0073]; Figure 1.	1-12
Y	US 2006/112901 A1 (GOMEZ DAVID R [US]) 1 juin 2006 (2006-06-01) Paragraphes [0002], [0007], [0032], [0035], [0058]-[0070]; Figures 1, 4.	1-12
Y	WO 2016/178616 A1 (HUSQVARNA AB [SE]) 10 novembre 2016 (2016-11-10) Page 12 lignes 15-30, page 13 lignes 24-28.	10,12
	-/-	
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 15 janvier 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 25/01/2019
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Roch, Vincent

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2017/153648 A1 (SJÖHOLM LUDVIG [SE]) 1 juin 2017 (2017-06-01) cité dans la demande Paragraphe [0001], [0052]; Figures 2, 7. -----	3
A	EP 1 025 472 B1 (ELECTROLUX AB [SE]) 23 octobre 2002 (2002-10-23) Paragraphe [0001], [0015], [0019]; Figure 1, 6. -----	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2018/080619

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2014012418	A1	09-01-2014	CN 103542800 A	29-01-2014
			EP 2684438 A1	15-01-2014
			US 2014012418 A1	09-01-2014

US 2006112901	A1	01-06-2006	AUCUN	

WO 2016178616	A1	10-11-2016	CN 107533333 A	02-01-2018
			EP 3292448 A1	14-03-2018
			SE 1550548 A1	05-11-2016
			US 2018129199 A1	10-05-2018
			WO 2016178616 A1	10-11-2016

US 2017153648	A1	01-06-2017	EP 3100126 A1	07-12-2016
			US 2017153648 A1	01-06-2017
			WO 2015115949 A1	06-08-2015

EP 1025472	B1	23-10-2002	AT 226740 T	15-11-2002
			AU 751789 B2	29-08-2002
			CA 2303923 A1	01-04-1999
			DE 29824544 U1	13-09-2001
			DE 69808964 T2	12-06-2003
			EP 1025472 A1	09-08-2000
			US 6300737 B1	09-10-2001
			WO 9915941 A1	01-04-1999
