

(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
1 juillet 2010 (01.07.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/072941 A2

- (51) Classification internationale des brevets :
G01D 5/26 (2006.01) G06F 3/033 (2006.01)
H03K 17/94 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2009/052498
- (22) Date de dépôt international :
11 décembre 2009 (11.12.2009)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0859048 23 décembre 2008 (23.12.2008) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : H2I TECHNOLOGIES [FR/FR]; 1950, avenue du Maréchal Juin, Immeuble Le Polygone, Bât. A - Et 2, F-30900 Nîmes (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BUREAU, Claude [FR/FR]; Courbessas, F-30480 Cendras (FR). PLANTIER, Philippe [FR/FR]; Les Hauts de Montaury, Appt 7H, 41, rue de Montaury, F-30900 Nîmes (FR).
- (74) Mandataires : THOMAS, Christine et al.; CABINET BEAU DE LOMENIE, 232, avenue du Prado, F-13295 Marseille Cedex 08 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CL, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE FOR QUANTIFYING AND LOCATING A LIGHT SIGNAL MODULATED AT A PREDETERMINED FREQUENCY

(54) Titre : DISPOSITIF POUR QUANTIFIER ET LOCALISER UN SIGNAL LUMINEUX MODULE A UNE FREQUENCE PREDETERMINEE

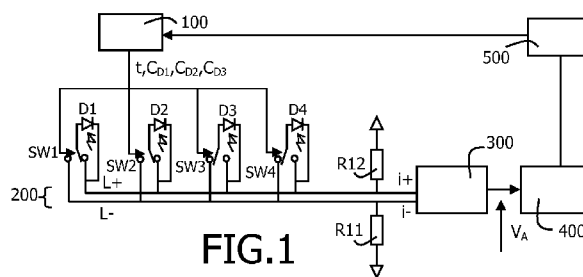


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to a device for quantifying and locating a light signal modulated at a predetermined frequency. According to the invention, the device comprises a digital control unit (100), a plurality of photodiodes (D1,D2,D3,D4) arranged along two parallel adjacent reception lines (L+, L-) having similar electrical and dimensional characteristics and from an amplifier device (200) connected to a demodulator (400) and defining a differential pair at the input of the amplifier device (300), the controls of the diodes (D1,D2,D3,D4) being such that they are connected in series to the two reception lines (L+,L-). The amplifier device (300), in which the outlet has, at each moment, a signal quantifying the light received by the photodiode(s) (D1,D2,D3,D4) connected to the two reception lines (L+,L-) at that moment, further includes a transimpedance amplification stage (310) having inputs each connected to one of the reception lines (L+,L-) of the differential pair, and a frequency filtering stage (320) capable of letting through signals at the given frequency and of filtering at least the continuous or low frequency signals.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2010/072941 A2

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

L'invention concerne un dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux modulée à une fréquence prédéterminée. Selon l'invention, il comprend une unité de commande numérique (100), une pluralité de photodiodes (D1,D2,D3,D4) disposées le long de deux lignes de réception (L+, L-) voisines, parallèles et de caractéristiques électriques et dimensionnelles semblables s'étendant à partir d'un dispositif amplificateur (300) relié à un démodulateur (400) et constituant une paire différentielle à l'entrée du dispositif amplificateur (300). Les commandes des diodes (D1,D2,D3,D4) étant telles qu'elles sont connectées successivement aux deux lignes de réception (L+,L-). Le dispositif amplificateur (300), dont la sortie présente en chaque instant un signal quantifiant la lumière reçue par la ou les photodiode(s) (D1,D2,D3,D4) connectée(s) aux deux lignes de réception (L+,L-) à cet instant, comprend en outre un étage d'amplification transimpédance (310) dont les entrées sont chacune reliées à une des lignes de réception (L+,L-) de la paire différentielle et un étage de filtrage de fréquence (320) apte à laisser passer les signaux à la fréquence prédéterminée et à filtrer au moins les signaux continus ou à basse fréquence.

Titre de l'invention

Dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux modulé à une fréquence prédéterminée.

5 Arrière-plan de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine général des dispositifs aptes à quantifier et à localiser un signal lumineux.

10 Plus particulièrement, l'invention s'intéresse à l'observation d'un signal lumineux capté par une pluralité de photodiodes, cette lumière étant modulée à une fréquence prédéterminée. Le fait d'avoir plusieurs récepteurs permet effectivement de localiser le signal.

L'invention trouve précisément son application dans les détecteurs optiques tels que ceux décrits dans la demande de brevet FR 2 899 326 ou FR 2 859 877.

15 Une photodiode est un composant opto-électronique qui se comporte comme un générateur de courant. Le courant généré est proportionnel à la puissance lumineuse qui illumine la partie sensible de la photodiode.

L'invention s'intéresse particulièrement à la mesure de la puissance lumineuse émise par un émetteur puis réfléchi par un actionneur.

20 L'émetteur de lumière sera typiquement une diode électroluminescente émettant dans le domaine de l'infrarouge ou de la lumière visible, de telle sorte que l'intensité lumineuse émise soit modulée à une fréquence prédéterminée donnée.

25 L'actionneur sera avantageusement le doigt d'un utilisateur dans les applications spécifiquement visées par l'invention.

La puissance lumineuse réfléchi par l'actionneur est alors reçue par au moins une photodiode et la mesure du courant issu de cette photodiode permet de connaître la puissance lumineuse reçue par cette dernière après traitement par un système logique du type microcontrôleur.

30 Pour mesurer le courant émis par la photodiode, le dispositif le plus simple est constitué d'une résistance placée en parallèle avec la photodiode et se comportant en convertisseur courant tension accompagnée d'un convertisseur analogique/numérique permettant l'acquisition de la tension mesurée aux bornes de la résistance et, ultérieurement le traitement de cette dernière par un
35 microcontrôleur.

On connaît un certain nombre d'inconvénient à ces types de dispositifs.

Lorsque la tension aux bornes de la résistance devient supérieure à la tension de seuil de la diode, généralement autour de 0,6 volt, la photodiode se comporte alors comme une diode classique et devient passante. Aussi, la tension mesurée aux bornes de la résistance ne peut jamais dépasser 0,6 volt.

5 En outre, le photo-courant généré par une photodiode de petite taille est généralement très faible, de l'ordre de grandeur de quelques micro-ampères pour une intensité lumineuse d'un milliwatt par centimètre carré. Il est donc nécessaire d'utiliser une résistance de valeur élevée de l'ordre du méga Ohm. Avec une telle charge, le temps de réaction du système peut devenir très long, 10 notamment à cause de la capacité interne de la photodiode. La fréquence maximale obtenue est alors très faible.

Il est donc généralement choisi d'utiliser un montage d'amplification trans-impédance utilisant par exemple un amplificateur opérationnel dont la sortie est reliée au convertisseur analogique/numérique. Ce montage présente 15 l'avantage de fixer une tension quasiment nulle aux bornes du photorécepteur et permet donc de s'affranchir des problèmes de tension aux bornes de la photodiode. Ayant une impédance d'entrée beaucoup plus faible, un tel montage ne présente pas de problème de vitesse de réaction. En effet, si on considère que l'amplificateur opérationnel a un produit gain-bande de 10^7 Hz, à une 20 fréquence de 10 kHz, le montage a une impédance d'entrée de 100 ohms, pour une résistance de charge de 100 kOhm.

Un tel montage est donc couramment utilisé pour amplifier de très faibles courants. Néanmoins, il souffre de l'inconvénient d'amplifier tous les courants quelle que soit leur fréquence.

25 Aussi, dans les applications optiques, l'effet de la lumière ambiante se manifeste par l'apparition d'une composante continue ou de très faible fréquence présentant une amplitude dépassant de plusieurs ordres de grandeurs, celle du signal à amplifier.

Par exemple, sur une photodiode HSDL 5420 (agilent) qui fournit un 30 photo-courant moyen de 6 micro-ampères pour une irradiance de 1 milliwatt par centimètre carré, à la longueur d'onde de 875 nanomètres peut fournir un photo-courant de l'ordre de grandeur de 0,1 milliampère pour une irradiance de 140 milliwatt par centimètre carré avec un spectre solaire.

En comparaison, le courant issu du signal lumineux réfléchi par le doigt 35 d'un utilisateur peut descendre jusqu'à une valeur de l'ordre de 10 nano-ampères avec une précision souhaitée de 1 nano-ampère.

On observe donc un facteur 10^5 entre la composante continue ou de basse fréquence et le signal à mesurer.

Dans les applications optiques, il faut noter que d'autres perturbations du signal optique sont à prendre en compte. Parmi celles-ci, les lampes à filament
5 génèrent un flux lumineux fluctuant à une fréquence de 100 ou 120 Hertz en fonction de la fréquence à 50 ou 60 Hertz du secteur. Les tubes fluorescents classiques génèrent également un flux lumineux fluctuant à une fréquence de 100 ou 120 Hertz, suivant une fonction redressée $\text{abs}(\sin)$, non lissée à l'inertie thermique, et qui dispose donc de nombreuses harmoniques. Les tubes
10 fluorescents disposant d'une alimentation électronique, comme par exemple les tubes fluo-compacts ou ampoules à économie d'énergie, génèrent un flux lumineux de fréquence plus haute, typiquement autour de 20 kHz.

D'autres mécanismes de communication infrarouges, télécommandes, communications infrarouges entre équipements mobiles, etc..., peuvent
15 également perturber le système.

Une des possibilités pour s'affranchir de ces perturbations est de moduler le signal émis avec une fréquence choisie pour être le moins possible sujet aux perturbations externes.

On peut également utiliser un amplificateur sélectif. Il existe en particulier
20 de nombreux documents dans la littérature ou dans des brevets en cours de validité ou tombés dans le domaine public décrivant des montages permettant de réaliser une amplification sélective en fréquence.

On peut citer parmi ces amplificateurs sélectifs les systèmes de suppression de composantes continues comme celui décrit dans le brevet US 4
25 491 931 qui utilise une boucle retour négative sur laquelle le signal issu de la photodiode est amplifié par un amplificateur trans-impédance et les basses fréquences sont ensuite extraites du signal amplifié.

Les basses fréquences sont converties ensuite en courant par un amplificateur transconductance avant que ce courant ne soit retranché du signal
30 d'entrée de l'amplificateur trans-impédance.

Les brevets US 4 227 155 et US 4 275 457 décrivent de tels montages fonctionnant selon des principes similaires. Ces dispositifs permettent d'isoler le signal utile des signaux parasites. Néanmoins, ils présentent l'inconvénient de rendre difficile l'obtention de gain élevé puisqu'ils sont limités par leur
35 vulnérabilité au bruit électromagnétique ambiant. Des blindages sont

généralement utilisés mais le coût de ces derniers est prohibitif pour la mise en œuvre en grande série.

La demande de brevet EP 1 881 599 décrit, quant à elle, un montage permettant de réaliser un amplificateur trans-impédance n'amplifiant qu'une
5 bande de fréquence. Un tel montage présente l'avantage d'être simple et de ne nécessiter qu'un amplificateur opérationnel et aucun composant actif externe. Néanmoins, l'immunité aux interférences électromagnétiques n'est pas meilleure que dans le cas des systèmes de suppression de composantes continues.

On remarque donc que les systèmes connus restent très sensibles aux
10 perturbations électromagnétiques pour des gains élevés et ne permettent pas d'attendre des performances suffisantes pour réaliser un capteur optique notamment en termes de bandes passantes ou de filtrage des perturbations externes.

Enfin, il faut noter que les dispositifs connus de l'art antérieur sont
15 relativement chers à cause de la nature des composants mis en œuvre.

Objet et résumé de l'invention

La présente invention a donc pour but principal de pallier des
inconvenients des dispositifs de l'art antérieur en proposant un dispositif pour
20 quantifier et localiser un signal lumineux modulée à une fréquence prédéterminée caractérisé en ce qu'il comprend une unité de commande numérique, une pluralité de photodiodes disposées le long de deux lignes de réception voisines, parallèles et de caractéristiques électriques et dimensionnelles semblables s'étendant à partir d'un dispositif amplificateur relié à un
25 démodulateur et constituant une paire différentielle à l'entrée du dispositif amplificateur, les deux bornes de chaque photodiode étant connectées respectivement à une des lignes de réception, une de ces bornes étant connectée à la ligne de réception au travers d'un commutateur du type deux sorties et une entrée commandée par l'unité de commande numérique, ce
30 commutateur étant apte à court-circuiter la photodiode sur elle-même, les commandes des commutateurs étant telles que les photodiodes sont connectées successivement aux deux lignes de réception, le contrôle de la séquence de connexions successives par l'unité de commande numérique permettant la connaissance, à chaque instant, de la photodiode dont provient le signal
35 différentiel reçu en entrée du dispositif amplificateur dont la sortie présente en chaque instant un signal quantifiant la lumière reçue par la ou les photodiode(s)

connectée(s) aux deux lignes de réception à cet instant, le dispositif amplificateur comprenant en outre un étage d'amplification transimpédance dont les entrées sont chacune reliées à une des lignes de réception de la paire différentielle et un étage de filtrage de fréquence apte à laisser passer les signaux à la fréquence
5 prédéterminée et à filtrer au moins les signaux continus ou à basse fréquence.

Avec un tel dispositif, la combinaison des deux lignes de réception parallèles et de caractéristiques semblables portant la pluralité de photodiodes et l'utilisation d'un étage d'amplification trans-impédance dont les entrées sont chacune connectées à une des lignes de réception et supportant un étage de
10 filtrage, assure une insensibilité aux champs électriques et magnétiques externes quelque soit la fréquence de ces derniers.

En effet, en utilisant des lignes de réception semblables, on assure que les perturbations électriques et magnétiques reçues par ces lignes de réception seront identiques et que l'usage de la paire différentielle en entrée de l'étage
15 amplification permettra la suppression des perturbations électriques et magnétiques sur l'ensemble des fréquences dans lesquelles elles peuvent avoir lieu. En effet, les deux lignes recevant les mêmes perturbations électriques externes et les conduisant toutes deux en entrée de l'étage d'amplification, ces perturbations sont majoritairement supprimées par le caractère différentiel de
20 l'amplification.

L'invention combine également l'utilisation de telles lignes branchées sur un amplificateur différentiel avec une connexion directe des photodiodes, chacune par l'intermédiaire de leur propre commutateur. Effectivement, l'utilisation d'un commutateur individuel pour chaque photodiode permet
25 d'assurer une implantation où les lignes de la paire différentielle restent le plus possible parallèles et proches.

L'utilisation de commutateurs analogiques deux sorties, une entrée pour chaque photodiode permet soit de mettre la diode en court-circuit en isolant ainsi le courant qu'elle produit du reste du circuit, soit de connecter les deux bornes
30 de la photodiode sur les lignes de la paire différentielle.

La connexion directe, au lieu d'une connexion en étoile ou autres, évite aussi une variation de la longueur des lignes entre les différents récepteurs et émetteurs dans lesquelles auraient lieu des perturbations électriques et magnétiques différentes en fonction de la longueur ou des caractéristiques de
35 ces lignes.

Aussi, selon l'invention, les caractéristiques d'implantation des photodiodes par rapport aux lignes de réception est combiné avec l'utilisation des lignes de réception en tant que paire différentielle à l'entrée de l'étage amplificateur.

5 Les mises en court-circuit des diodes par les commutateurs permettent que le courant produit par la diode soit isolé du reste du circuit. Lorsque la diode est ensuite connectée à la ligne de réception au travers du commutateur, la photodiode n'aura pas emmagasiné de charge à travers sa capacité interne. Si la photodiode était seulement déconnectée de la ligne de réception en étant mise
10 en circuit ouvert, sa capacité interne se chargerait pendant tout le temps où la photodiode est déconnectée, et se déchargerait directement dans l'amplificateur, cela causant des perturbations transitoires problématiques.

En outre, l'utilisation d'un filtre au minimum passe-bas en combinaison avec les autres caractéristiques de l'invention, permet de supprimer les lumières
15 parasites transitant à faible fréquence qui ne peuvent pas être supprimées par le caractère différentiel de la paire de lignes de réception.

Les connexions successives des photodiodes sur les lignes de réception permettent à l'unité de commande numérique de savoir à chaque instant quelle diode est connectée aux lignes. Ainsi l'unité de commande sait localiser la diode
20 qui reçoit de la lumière lorsque l'émetteur émet de la lumière. Éventuellement, les commandes des commutateurs pourront être telles que ce sera plusieurs diodes, par exemple deux diodes placées symétriquement de chaque côté d'un émetteur, qui seront connectées en même temps sur les lignes de réception.

Selon une caractéristique préférentielle de l'invention, chaque entrée de
25 l'étage d'amplification transimpédance est connectée à la masse au travers d'une résistance, le rapport entre les valeurs de ces résistances étant réglées et/ou réglables de manière à assurer l'identité des différences de potentiel dues aux courants causés par les champs électriques d'origine extérieure et de fréquence proche de la fréquence passante du filtre sur les deux lignes de réception à
30 l'entrée de l'étage d'amplification transimpédance.

Cette caractéristique permet d'assurer que les perturbations électriques sont bien semblables sur les deux lignes de réception à l'entrée de l'étage d'amplification trans-impédance dans le cas par exemple où elles reçoivent des signaux perturbateurs différents malgré leur parallélisme. Un tel réglage permet
35 que l'effet des perturbations soit annulé par l'effet différentiel assuré par

l'amplificateur. Ce réglage ne change pas dans le temps, il est généralement fixé une fois pour toute lors de la mise au point du circuit.

Selon une caractéristique préférentielle de l'invention, l'étage d'amplification transimpédance comprenant un amplificateur opérationnel, l'étage
5 de filtrage comprend un montage gyrateur monté en charge de l'amplificateur opérationnel et simulant une inductance dans le domaine de fonctionnement du dispositif.

L'utilisation d'un tel montage gyrateur permet la fabrication d'un dispositif selon l'invention n'utilisant que des composants courants et à faible coût
10 autorisant une production de masse peu coûteuse.

En outre, un tel montage gyrateur en charge de l'amplificateur opérationnel permet de réaliser un filtrage très efficace avec un gain important dans une bande de fréquence fine.

Dans une réalisation particulière, le montage gyrateur comprend un
15 amplificateur opérationnel à contre-réaction négative directe par connexion directe de l'entrée négative de cet amplificateur opérationnel à sa sortie connecté aux deux bornes de l'impédance de charge de l'amplificateur opérationnel de l'étage d'amplification transimpédance, l'entrée négative étant en outre connectée à l'entrée négative de l'amplificateur opérationnel de l'étage
20 d'amplification transimpédance au travers d'une résistance, l'entrée positive étant connectée à l'entrée négative de l'amplificateur opérationnel de l'étage d'amplification transimpédance au travers d'une capacité et à la sortie de l'amplificateur opérationnel de l'étage d'amplification transimpédance au travers d'une résistance.

25 Cette structure du montage gyrateur autorise la simulation d'une inductance.

Dans une réalisation préférentielle de l'invention, le signal lumineux à quantifier et à localiser provenant d'une lumière émise par au moins un émetteur commandé à la fréquence prédéterminée, l'unité de commande numérique
30 commande le démodulateur à la fréquence prédéterminée et de manière synchrone avec le signal de commande de l'émetteur afin qu'il accumule les charges pendant les périodes d'illumination.

Cette caractéristique permet que le signal numérique obtenu ne soit pas pollué par des perturbations qui pourraient avoir lieu en dehors des périodes
35 d'illumination par le ou les émetteur(s). Le démodulateur peut être un intégrateur à capacité commutée.

Selon une caractéristique additionnelle de l'invention, les lignes sont torsadées afin de limiter les perturbations magnétiques.

5 Ensuite, l'invention concerne également un dispositif de détection de présence ou de position d'un objet comprenant un dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux modulée à une fréquence prédéterminée selon l'invention et des émetteurs émettant une lumière à une fréquence prédéterminée contrôlée par l'unité de commande du dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux, ces émetteurs étant disposés en alternance avec les photodiodes du dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux.

10

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif.

15 Sur les figures :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif selon l'invention ;

20

- les figures 2A et 2B montrent un exemple d'implémentation des lignes de réception utilisée dans un dispositif selon l'invention, respectivement selon un schéma électrique et selon une implémentation de pistes sur un circuit intégré ;

- la figure 3 représente un montage classique d'amplificateur à amplificateur opérationnel ;

25

- la figure 4 représente une réalisation avantageuse d'un dispositif amplificateur différentiel tel qu'utilisé dans l'invention ;

- la figure 5 montre le schéma d'un montage gyrateur tel qu'utilisé avantageusement selon l'invention ;

- la figure 6 est un montage équivalent du montage gyrateur représenté sur la figure 4 ;

30

- les figures 7A et 7B montrent les résultats obtenus pour une implémentation particulière de l'invention ;

- la figure 8 est une représentation schématique d'un intégrateur à capacité commutée tel qu'utilisé dans un dispositif selon l'invention ;

35

- la figure 9 représente un dispositif de détection de la position d'un objet selon l'invention ;

- la figure 10 montre des signaux tels que présents en différents points du dispositif de détection de la figure 9 ;

- la figure 11 montre un exemple d'organigramme de fonctionnement d'un dispositif de détection selon l'invention.

5

Description détaillée d'un mode de réalisation

La figure 1 représente schématiquement un dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux selon l'invention. Ce dispositif comprend une unité de commande numérique 100, une pluralité de photodiodes, ici quatre photodiodes
10 D1 à D4, disposées le long d'une paire 200 de lignes de réception L- et L+ parallèles et de caractéristiques électriques et dimensionnelles semblables.

Ces lignes de réception L-, L+ s'étendent à partir d'un dispositif amplificateur 300 relié à un démodulateur intégrateur 400 dont le signal de sortie est traité par un convertisseur analogique numérique 500 qui envoie les données
15 obtenues vers l'unité de commande 100. Les lignes de réception L- et L+ constituent une paire différentielle en entrée de dispositif amplificateur 300.

Selon l'invention, ainsi que présenté sur la figure 2A, les deux bornes de chaque photodiode Di sont connectées chacune à une des lignes L-, L+. Une de ces bornes est connectée au travers d'un commutateur SW1 à SW4 du type deux
20 sorties et une entrée. Chaque commutateur est commandé par l'unité de commande numérique 100 à l'aide de signaux notés C_{D1} à C_{D4} synchronisés à une horloge t.

Les deux sorties des commutateurs SWi correspondent à une connexion de la borne de la diode Di à la ligne de réception, ici L-, et à une mise en court-circuit de la diode Di.
25

Un exemple d'implémentation pratique des pistes de la ligne différentielle et des photodiodes associées à des commutateurs est présenté sur la figure 2B.

Le contrôle de la séquence des connexions successives des photodiodes à la ligne de réception L- par l'unité de commande numérique 100 permet de connaître à chaque instant la photodiode Di dont provient le signal différentiel
30 reçu en entrée du dispositif amplificateur 300. Cette caractéristique va permettre de localiser la lumière reçue en identifiant la photodiode sur laquelle la puissance lumineuse la plus importante est reçue pendant un même éclairage.

On note ici que, éventuellement, plusieurs diodes pourront être
35 connectées aux deux lignes de réception en même temps. Par exemple, deux

diodes symétriques par rapport à un même émetteur pourront être connectées simultanément aux deux lignes de réception.

Le dispositif amplificateur 300 présente, à sa sortie, en chaque instant, un signal noté V_A quantifiant la lumière reçue par la ou les photodiode(s) connectée(s) aux deux lignes de réception L- et L+ à cet instant.

Dans un mode de réalisation préférentiel de l'invention, chaque ligne de réception L- et L+ est reliée à la masse par une résistance respectivement R11 et R12, placée à l'entrée du dispositif d'amplification 300.

Ces résistances R11 et R12 sont avantageusement réglées lors de la création du montage selon l'invention ou offertes en réglage à l'utilisateur afin de pouvoir adapter le dispositif à diverses configurations. Sur le circuit présenté sur la figure 2B, la ligne connectée sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel transimpédance porte les composants et les multiplexeurs une entrée deux sorties (« SPDT » pour Single Pole, Double Throw en anglais). Elle est donc légèrement plus sensible aux champs électriques. On ajuste alors la valeur de la résistance R12 de manière itérative, en soumettant le circuit à un champ électrique de fréquence fixée et en tentant de minimiser le signal résultant à la sortie de l'amplificateur. Par exemple, on obtient 1 k Ω pour la résistance R11 connectée à l'entrée non-inverseuse, et 920 Ω sur l'autre R12.

En particulier, le dispositif pourra être adapté aux environnements où les deux lignes de réception L- et L+ reçoivent des signaux perturbateurs électriques et/ou magnétiques différents.

Le dispositif amplificateur 300 comprend un étage d'amplification trans-impédance dont les entrées sont chacune reliées à une des lignes de réception L- et L+ de la paire différentielle 200 et un étage de filtrage de fréquences apte à laisser passer les signaux à la fréquence prédéterminée et à filtrer au moins les signaux continus ou à basse fréquence.

Un exemple d'un tel dispositif amplificateur 300 est montré sur la figure 3. Il est constitué de deux parties 310 et 320, la partie 310 reprend les caractéristiques d'un montage trans-impédance inverseur simple à amplificateur opérationnel AO310 alors que la partie 320 permet de filtrer le signal différentiel à une fréquence prédéterminée.

La sortie du dispositif amplificateur 300 ne comprend ainsi que principalement le signal à la fréquence prédéterminée compris dans le signal différentiel.

La structure du dispositif amplificateur 300 de la figure 3 constitue une réalisation préférentielle de l'invention non à l'exclusion d'autres éventuelles réalisations remplissant des fonctions identiques à celles nécessaires à la réalisation de l'invention et définies dans les revendications.

5 La figure 4 montre un étage 301 à amplificateur opérationnel AO301 tel que classiquement employé dans les montages électroniques connus. Ce montage 301 comprend un amplificateur opérationnel AO301 rétro-agissant à travers une résistance de charge R301 sur l'entrée négative de l'amplificateur opérationnel AO301.

10 Avec un tel montage, on obtient un signal de sortie V_{out} amplifié et correspondant à un signal amplifié du signal d'entrée I_{in} : $V_{out} = R_{301} I_{in}$.

Le montage amplificateur tel que présenté sur la figure 4 n'a pas de performance particulièrement intéressante au sujet de la sensibilité aux champs électriques et magnétiques ambiants. Cette sensibilité est particulièrement
 15 problématique lorsque les gains de l'amplificateur sont élevés. Ces derniers parasitent alors le signal reçu et le déforme.

La figure 5 montre un montage gyrateur tel qu'implémenté en tant qu'étage de filtrage 320 dans le dispositif amplificateur 300 de la figure 3. En combinaison avec l'amplificateur sur lequel est connectée la paire différentielle,
 20 un tel montage gyrateur simule la présence d'une inductance et conduit au filtrage fréquentiel voulu. Sur la figure 3, ce montage gyrateur est placé en charge de l'amplificateur opérationnel AO310 et reçoit un courant en entrée.

Sur la figure 5, ce courant est schématisé par la présence d'une photodiode D321 qui injecte un courant donné dans le montage gyrateur 321. Ce
 25 courant est noté I dans la suite. Aussi, lorsqu'un tel montage est commandé en courant, la tension aux bornes de la photodiode D321 est égale à :

30
$$V_E = -I \left(\frac{R_{321} jL\omega}{R_{321} + jL\omega} + \frac{\frac{1}{jC_{321}\omega} R_{L321}}{\frac{1}{jC_{321}\omega} + R_{L321}} \right)$$

avec $L = R_{321} R_{L321} C_{321}$.

Cela équivaut au circuit présenté sur la figure 6. Le montage simule ainsi une inductance.

35 En effet, l'impédance complexe du montage représenté en figure 6 est effectivement identique à celle obtenue dans le calcul de V_E .

En utilisant les équations obtenues avec le montage gyrateur de la figure 5, lorsque l'on calcule le gain du montage de la figure 3, en remplaçant le montage gyrateur par l'impédance Z équivalente de celui-ci, on obtient :

$$V_A = R_{12}i_+ + (i_+ - i_-)Z .$$

5 On remarque qu'il ne s'agit pas d'un réel amplificateur différentiel puisque le facteur $R_{12}i_+$ perturbe la mesure.

Toutefois, il est possible de considérer que, sur les fréquences intéressant l'invention, l'impédance Z est très supérieure à la résistance R12 et on peut alors considérer que l'amplificateur ainsi obtenu est une bonne approximation
10 d'amplificateur différentiel.

Le gain de l'amplificateur, qui dépend de la fréquence, permet précisément d'isoler certaines bandes de fréquence, amplifiées, des autres. On est donc en présence d'un filtre. La représentation du gain en fonction de la fréquence permet de visualiser les fréquences filtrées.

15 On obtient ainsi un amplificateur disposant d'un filtrage en fréquence étroit et qui peut être réalisé avec un amplificateur opérationnel à performance plus limitée que ceux nécessaires pour réaliser les montages réalisés dans l'art antérieur.

Un exemple de réalisation quantitatif selon le montage de la figure 3 est
20 présenté dans la suite en référence aux figures 7A et 7B qui présentent les résultats obtenus avec les composants électroniques choisis. L'amplificateur opérationnel AO310 utilisé est un amplificateur opérationnel double Texas Instruments TLC2272. L'amplificateur opérationnel AO320 est un amplificateur opérationnel STMicroelectronics TS461.

25 Les valeurs équivalentes du montage L,R,C de la figure 6 sont les suivantes : $R_{L321} = 1k\Omega$; $C_{321} = 200pF$; $R_{321} = 1M\Omega$. L'inductance équivalente est alors égale à $L = R_{L321} * R_{321} * C_{321} = 0,2H$. Le filtrage fréquentiel a alors une bande passante centrée sur 10^5 Hertz ainsi que visible sur la figure 7A. La figure 7B montre le comportement du filtre en phase. Elle représente la différence de phase entre le signal de sortie et le signal d'entrée. Ainsi, si $V_{in}(t) = V_{in0} * e^{j\omega t}$ et
30 $V_{out}(t) = V_{out0}(\omega) * e^{j\omega t + \varphi(\omega)}$, la figure 7A représente $V_{out0}(\omega)$ et la figure 7B représente $\varphi(\omega)$, déphasage entre entrée et sortie.

Outre le filtrage en fréquence, l'utilisation de deux lignes de réception montées en paire différentielle 200 en entrée d'un dispositif amplificateur 300
35 permet que les interférences électromagnétiques les plus importantes dans la bande de fréquence correspondant à la bande passante de l'étage de filtrage 320

réalisé ici grâce au montage gyrateur soient des interférences en mode commun, c'est-à-dire qu'elles ont le même effet sur les deux lignes de la paire 200. L'amplificateur différentiel les élimine donc.

5 Au contraire, le courant issu de la photodiode D_i connectée aux deux lignes de réception est différentiel et la polarité de ce courant sur une des lignes est opposée à la polarité de ce courant sur la seconde ligne. On retrouve donc le différentiel de courant à la sortie de l'amplificateur différentiel.

10 Par ailleurs, l'activation indépendante et successive des photodiodes permet d'éviter les changements d'impédance sur chaque photodiode puisque chaque photodiode mise en court-circuit est chargée avec une impédance quasiment nulle et puisque l'amplificateur présente aussi une impédance d'entrée très faible.

15 Au contraire, si on se contentait d'ouvrir le circuit de chaque photodiode sans mettre préalablement ces dernières en court-circuit, la charge des photodiodes passerait d'une impédance nulle à une impédance infinie et, inversement, lorsque le circuit serait refermé.

Ces variations d'impédance causeraient la charge et la décharge de la capacité interne de la photodiode dans l'amplificateur causant des perturbations transitoires problématiques à l'entrée du dispositif amplificateur différentiel 300.

20 La figure 8 montre un montage d'un démodulateur intégrateur à capacité commutée 400. Ce montage 400 reçoit en entrée la tension amplifiée V_A en sortie du dispositif amplificateur 300.

25 Ce montage intégrateur 400 comprend une première partie permettant d'éliminer encore un résidu éventuel de signaux parasites à basse fréquence. Il s'agit des éléments CB et RB réalisant un filtre RC.

30 Le signal V_A est envoyé vers la partie du montage apte à l'intégrer uniquement lorsqu'un des émetteurs E_i est allumé. Pour cela, un interrupteur deux sorties une entrée SW400 passe d'une position où la tension V_A est transmise pour intégration et une position où la tension V_A est envoyée dans une résistance de charge R401. Aussi, le commutateur SW400 est avantageusement commandé avec le signal de commande des émetteurs C_{E_i} .

35 Lorsque le commutateur SW400 est dans la position où la tension V_A est transmise pour intégration, la tension V_A est alors transmise au travers d'une résistance R402 à l'entrée négative E. d'un amplificateur opérationnel AO400. Cette entrée E. est reliée à la masse au travers d'une résistance R403. L'autre

entrée E_+ de l'amplificateur opérationnel AO400 est reliée à la résistance de charge E401.

Lors de l'intégration du signal, la tension V_A est transmise à un condensateur C400, placé en rétroaction sur l'entrée négative de l'amplificateur
5 opérationnel AO400. Cette capacité C400 accumule alors le courant envoyé en entrée de l'intégrateur 400.

Le signal cumulé V_{C400} est alors apte à être récupéré par le convertisseur analogique numérique 500 à des instants synchrones avec les signaux de commande C_{Di} .

10 Ainsi, en fin de chaque connexion d'une des photodiodes D_i , le signal V_{C400} est récupéré par le convertisseur analogique numérique puis la capacité C400 est déchargée par l'intermédiaire d'un interrupteur SW401 qui bascule vers une position où la capacité C400 est en boucle avec la résistance R404 où le courant cumulé se décharge. Le commutateur SW401 est avantageusement
15 commandé par des signaux synchrones avec les signaux C_{Di} , commandant les connexions successives des diodes D_i aux lignes de réception mais légèrement décalé afin d'éviter les phénomènes transitoires.

La figure 9 représente schématiquement un dispositif de détection d'un objet selon l'invention. Outre le dispositif pour quantifier et localiser un signal
20 lumineux représenté sur la figure 1, ce dispositif de détection comprend des émetteurs E1 à E4 commandés également par l'unité de commande numérique 100 avec des signaux C_{Ei} synchronisés sur une horloge t . Les signaux de commande C_{E1} à C_{E4} permettent d'activer les émetteurs E1 à E4 successivement les uns à la suite des autres pendant des durées suffisantes pour permettre à
25 chaque diode D_i d'être connectée aux lignes de réception durant une durée suffisante pour permettre une intégration du signal reçu par chacune de ces diodes sous le même éclairage. Éventuellement, seules certaines diodes seront susceptibles de recevoir de la lumière lors de l'éclairage par un émetteur donné. Dans ce cas, seules ces diodes seront connectées l'une après l'autre aux
30 deux lignes de réception lors de l'éclairage par l'émetteur donné. Cela permet de raccourcir le délai de réaction du dispositif de détection puisque seules les diodes pertinentes sont questionnées.

Avantageusement, les signaux de commande C_{E1} à C_{E4} sont tels que les émetteurs E1 à E4 sont éteints en même temps que la connexion d'une des
35 photodiodes à la paire différentielle est arrêtée.

Cela est illustré sur la figure 10 où est représenté le signal de commande d'un des émetteurs C_{Ei} durant la connexion successive de deux des diodes C_{D1} et C_{D2} durant une durée T .

On voit que l'émission de l'émetteur Ei est également stoppée après la
5 durée T pendant laquelle la diode $D1$ est connectée aux deux lignes. On voit aussi que le signal V_A de sortie du dispositif amplificateur 300 s'annule dès lors que l'émetteur $E1$ est arrêtée ou que la diode $D1$ est mise en court-circuit.

Ensuite, l'émetteur $E1$ recommence à émettre et un signal V_A non nul
10 mais d'amplitude plus faible apparaît en sortie du dispositif 300. Ce signal V_A correspond à l'intensité reçue sur la diode connectée successivement à la diode $D1$, ici la diode $D2$.

On observe que, pour ces connexions successives des diodes $D1$ et $D2$
15 sur les deux lignes, le signal V_A en sortie du dispositif amplificateur est d'amplitude distincte. Cela résulte en une tension V_{C400} qui s'accroît plus ou moins vite aux bornes du condensateur $C400$.

On voit ainsi que le signal V_{C400} en sortie de l'intégrateur sera plus
important avec la première diode $D1$ qu'avec la seconde $D2$. Après conversion numérique, l'intensité reçue est associée à un émetteur Ei et à une diode Dj particulière et le signal ainsi obtenu est noté Sij . Ce sont ces signaux associés
20 aux émetteurs et aux récepteurs/photodiodes qui permettront de déterminer la position de l'objet. En particulier, dans l'exemple présent, la réflexion de la lumière émise par l'émetteur $E1$ est plus importante sur la diode $D1$, il sera possible de déduire que l'objet est placé plus proche de la diode $D1$ que de la diode $D2$.

La figure 9 donne une représentation schématique d'un dispositif de
25 détection de la position d'un objet OB sur un plan P s'étendant face aux émetteurs Ei et aux photodiodes Di . Les émetteurs Ei et les photodiodes Di sont ici alignés et disposés en alternance émetteur /photodiode. Les émetteurs Ei sont commandés par les signaux de commande C_{Ei} synchronisés sur une horloge t .
30 Les photodiodes Di sont commandées par les signaux de commande C_{Di} également synchronisés sur l'horloge t .

Un exemple de fonctionnement global du dispositif de détection selon la
figure 9 est décrit dans l'organigramme de la figure 11. Il s'agit d'un procédé applicatif pour lequel un dispositif de détection selon l'invention sera
35 avantageusement utilisé.

Dans cet organigramme, le procédé est initialisé dans une étape ET0. Puis un émetteur E_i est allumé dans une étape ET1. On note que, dans cet exemple, à la différence de ce qui a été décrit sur la figure 10, l'émetteur E_i n'est pas éteint à la fin de chaque mesure sur une photodiode. Des perturbations peuvent
5 alors être sommées lors de l'extinction de l'émetteur. Ces perturbations sont alors retrouvées dans le signal final.

Lors de l'allumage de l'émetteur E_i , des mesures successives sur chacune des diodes D_i, D_{i+1} voisines de l'émetteur E_i sont effectuées dans une étape ET2. En limitant les mesures aux photodiodes D_i, D_{i+1} voisines de l'émetteur E_i , on
10 permet d'augmenter la rapidité du dispositif de détection.

Dans une étape ET3, l'émetteur E_i est éteint. Dans l'exemple présent, la somme des signaux reçus $S_{ii}+S_{ii+1}$ par les deux diodes voisines D_i, D_{i+1} de l'émetteur E_i est effectuée dans une étape ET4. Une étape ET5 vérifie que tous les N émetteurs ont été allumés successivement. Si non, une étape ET6
15 incrémente i et l'émetteur E_{i+1} suivant est allumé dans une nouvelle étape ET1. Si oui, la somme $S_{ii}+S_{ii+1}$ maximale est déterminée dans une étape ET7 avant que le calcul du rapport des signaux des diodes voisines soit calculé dans une étape ET8. L'utilisation de la somme maximale et le rapport S_{iMiM}/S_{iMiM+1} entre les signaux reçus par les diodes voisines permet de déterminer la position (X, Y)
20 de l'objet dans une étape ET9.

On remarque enfin que diverses mises en œuvre peuvent être réalisées selon les principes de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux modulée à une fréquence prédéterminée caractérisé en ce qu'il comprend une unité de commande numérique (100), une pluralité de photodiodes (D1,D2,D3,D4...) disposées le long de deux lignes de réception (L+,L-) voisines, parallèles et de caractéristiques électriques et dimensionnelles semblables s'étendant à partir d'un dispositif amplificateur (300) relié à un démodulateur (400) et constituant une paire différentielle à l'entrée du dispositif amplificateur (300), les deux bornes de chaque photodiode (Di) étant connectées respectivement à une des lignes de réception (L+,L-), une de ces bornes étant connectée à la ligne de réception au travers d'un commutateur (SWi) du type deux sorties et une entrée commandée par l'unité de commande numérique (100), ce commutateur (SWi) étant apte à court-circuiter la photodiode (Di) sur elle-même, les commandes des commutateurs (SW1 – SW4) étant telles que les photodiodes (D1 – D4) sont connectées successivement aux deux lignes de réception (L+,L-), le contrôle de la séquence de connexions successives par l'unité de commande numérique (100) permettant la connaissance, à chaque instant, de la photodiode (Di) dont provient le signal différentiel reçu en entrée du dispositif amplificateur (300) dont la sortie présente en chaque instant un signal (V_A) quantifiant la lumière reçue par la ou les photodiode(s) (Di) connectée(s) aux deux lignes de réception (L+, L-) à cet instant, le dispositif amplificateur (100) comprenant en outre un étage d'amplification transimpédance (310) dont les entrées sont chacune reliées à une des lignes de réception (L+,L-) de la paire différentielle et un étage de filtrage de fréquence (320) apte à laisser passer les signaux à la fréquence prédéterminée et à filtrer au moins les signaux continus ou à basse fréquence.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque entrée de l'étage d'amplification transimpédance (310) est connectée à la masse au travers d'une résistance (R11,R12), le rapport entre les valeurs de ces résistances étant réglées et/ou réglables de manière à assurer l'identité des différences de potentiel dues aux courants causés par les champs électriques d'origine extérieure et de fréquence proche de la fréquence passante du filtre sur les deux lignes de réception (L+,L-) à l'entrée de l'étage d'amplification transimpédance (310).

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, l'étage d'amplification transimpédance (310) comprenant un amplificateur opérationnel (AO310), l'étage de filtrage (320) comprend un montage gyrateur monté en charge de l'amplificateur opérationnel (AO310) et simulant une inductance dans le domaine de fonctionnement du dispositif.

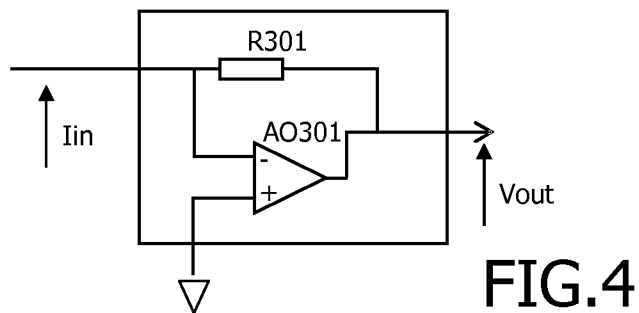
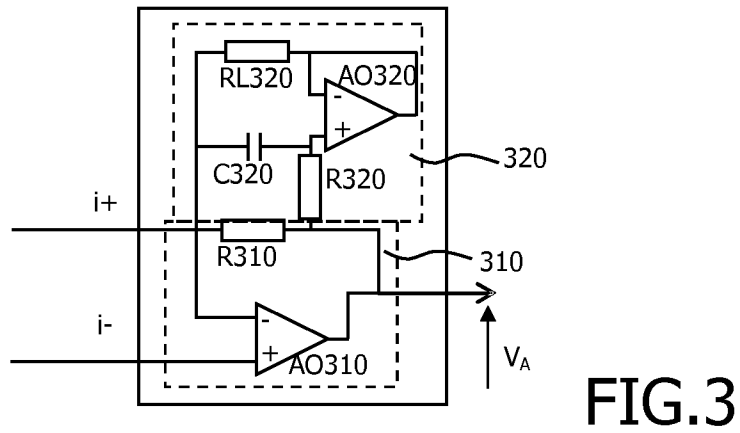
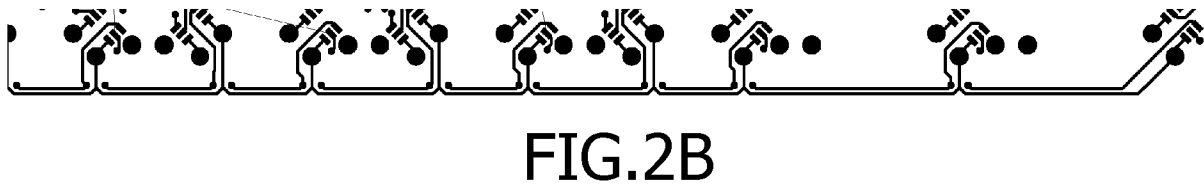
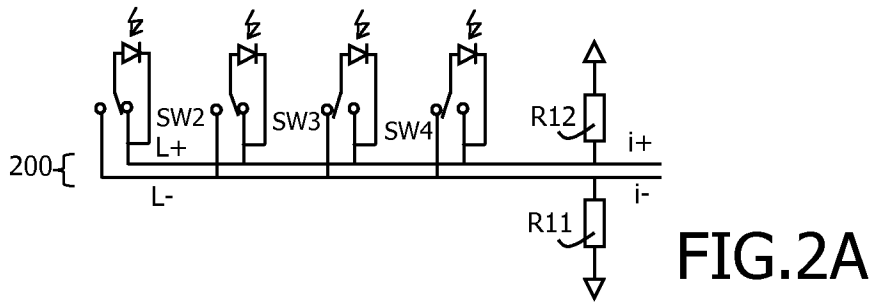
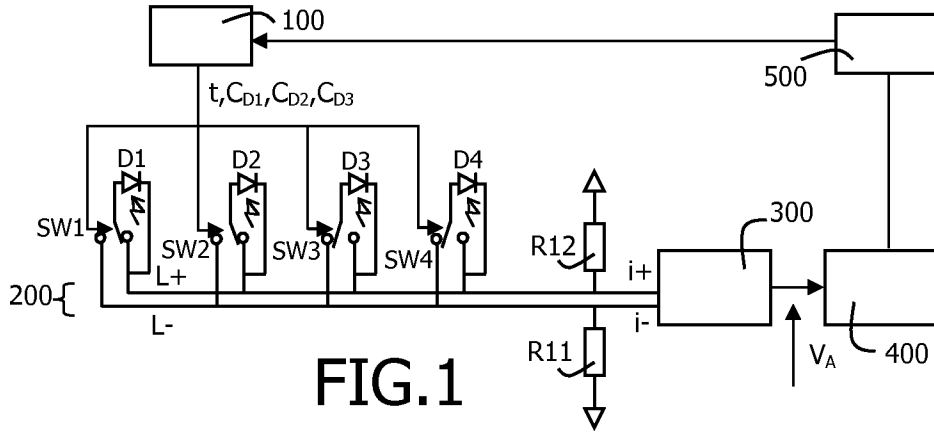
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le montage gyrateur comprend un amplificateur opérationnel (AO320) à contre-réaction négative directe par connexion directe de l'entrée négative de cet amplificateur opérationnel (AO320) à sa sortie connecté aux deux bornes d'une impédance (R310) de charge de l'amplificateur opérationnel (AO320) de l'étage d'amplification transimpédance (320), l'entrée négative de ce dernier étant en outre connectée à l'entrée négative de l'amplificateur opérationnel (AO310) de l'étage d'amplification transimpédance (310) au travers d'une résistance (RL320), l'entrée positive étant connectée à l'entrée négative de l'amplificateur opérationnel (AO310) de l'étage d'amplification transimpédance (310) au travers d'une capacité (C320) et à la sortie de l'amplificateur opérationnel (AO310) de l'étage d'amplification transimpédance (310) au travers d'une résistance (R320).

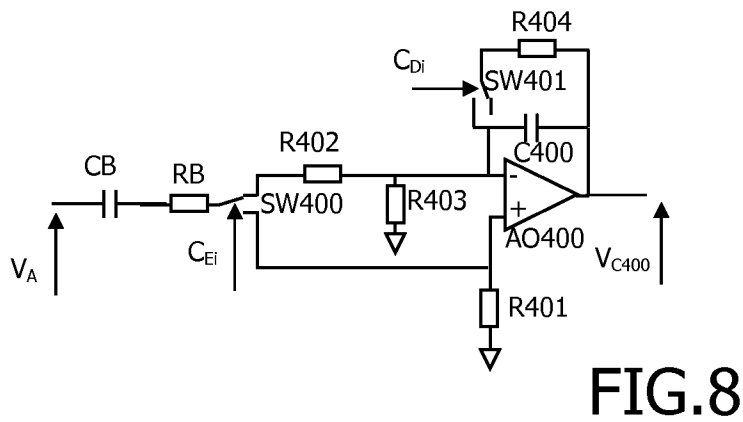
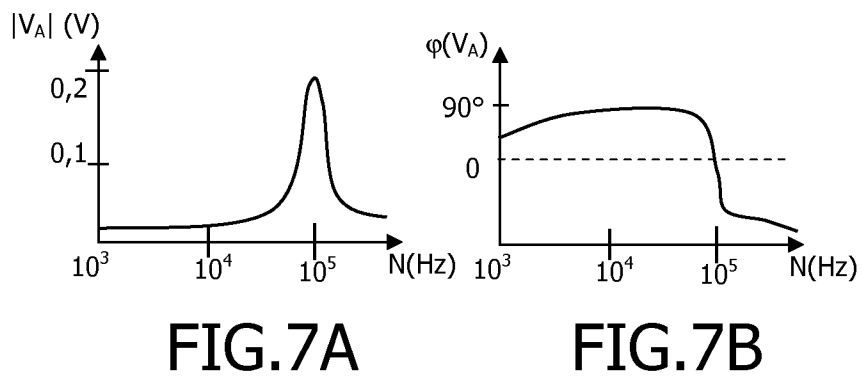
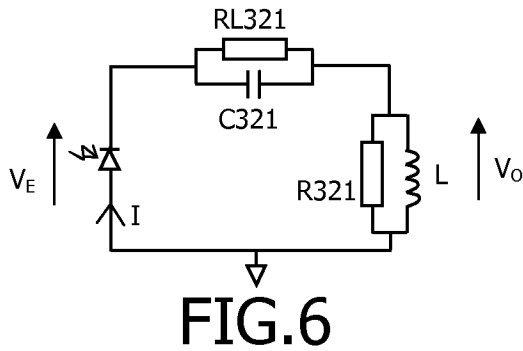
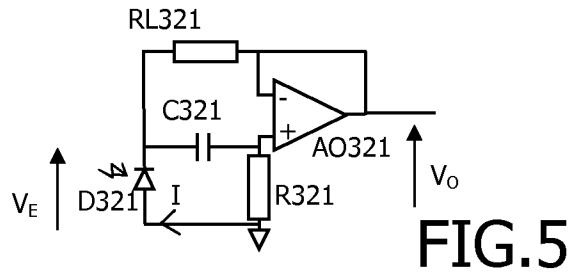
5. Dispositif selon l'un des revendications précédentes, caractérisé en ce que, le signal lumineux à quantifier et à localiser provenant d'une lumière émise par au moins un émetteur (Ei) commandé à la fréquence prédéterminée, l'unité de commande numérique (100) commande le démodulateur (400) à la fréquence prédéterminée et de manière synchrone avec le signal de commande de l'émetteur (Ei) afin qu'il accumule les charges pendant les périodes d'illumination.

6. Dispositif selon l'un des revendications précédentes, caractérisé en ce que les lignes (L+,L-) sont torsadées afin de limiter les perturbations magnétiques.

7. Dispositif de détection de présence ou de position d'un objet (OB) comprenant un dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux modulée à une fréquence prédéterminée selon l'une des revendications 1 à 5 et des émetteurs (E1,E2,E3,E4) émettant une lumière à une fréquence prédéterminée contrôlée par l'unité de commande (100) du dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux, ces émetteurs (E1,E2,E3,E4) étant disposés en alternance

avec les photodiodes (D1,D2,D3,D4) du dispositif pour quantifier et localiser un signal lumineux.





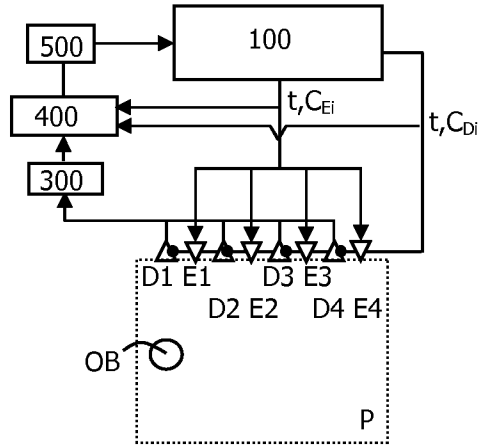


FIG.9

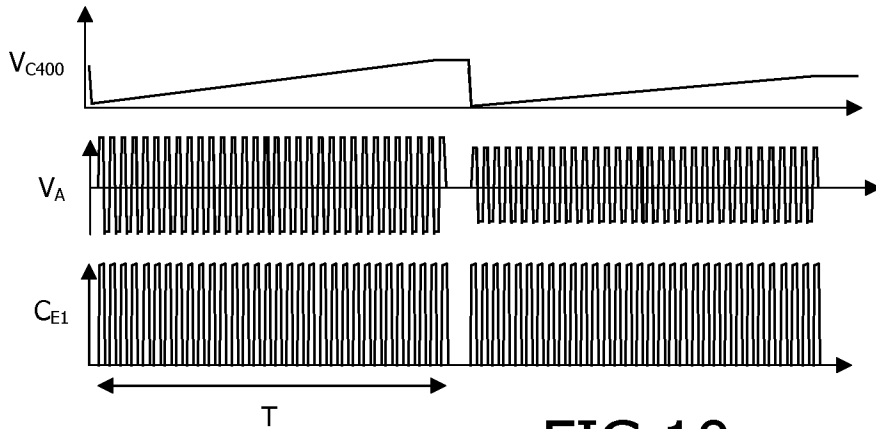


FIG.10

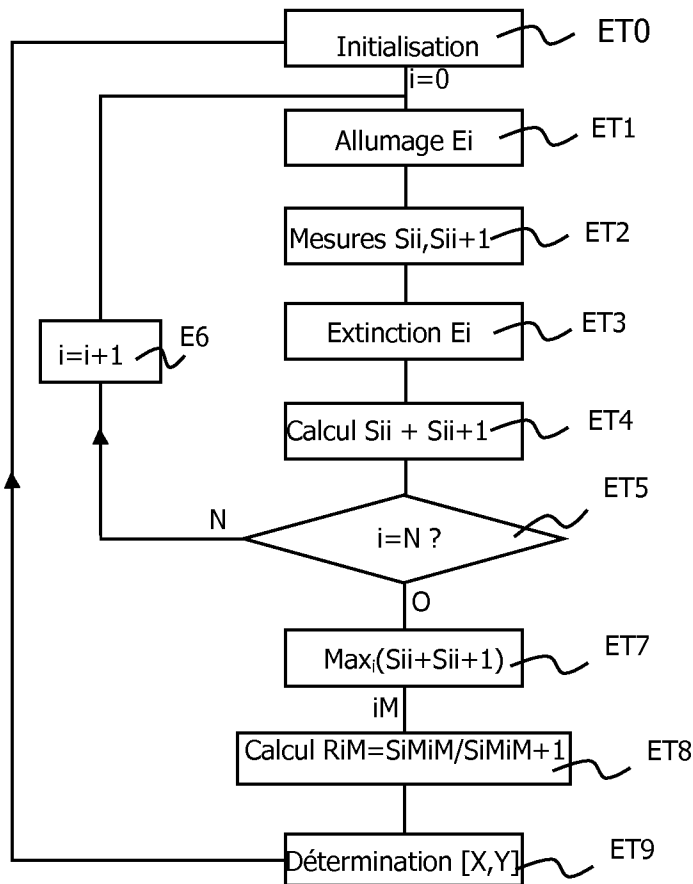


FIG.11