

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale

WO 2014/072362 A1

(43) Date de la publication internationale
15 mai 2014 (15.05.2014)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
G01J 1/46 (2006.01) H03F 3/08 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2013/073198
- (22) Date de dépôt international :
6 novembre 2013 (06.11.2013)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
12/03012 9 novembre 2012 (09.11.2012) FR
- (71) Déposant : THALES [FR/FR]; 45 rue de Villiers, F-92200 Neuilly sur Seine (FR).
- (72) Inventeurs : VERYERAS, Alexandre; 8 rue des Néréides, F-78180 Montigny-le-bretonneux (FR). PASSE-LAIGUE, Daniel; 65 bis boulevard des Fossés, F-78580 Maule (FR).
- (74) Mandataires : HENRIOT, Marie-Pierre et al.; Immeuble Visium, 22 avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (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))

(54) Title : RECEIVER OF A PULSED LIGHT SIGNAL WITH WIDE DYNAMIC RANGE

(54) Titre : RECEPTEUR D'UN SIGNAL LUMINEUX IMPULSIONNEL A FORTE DYNAMIQUE

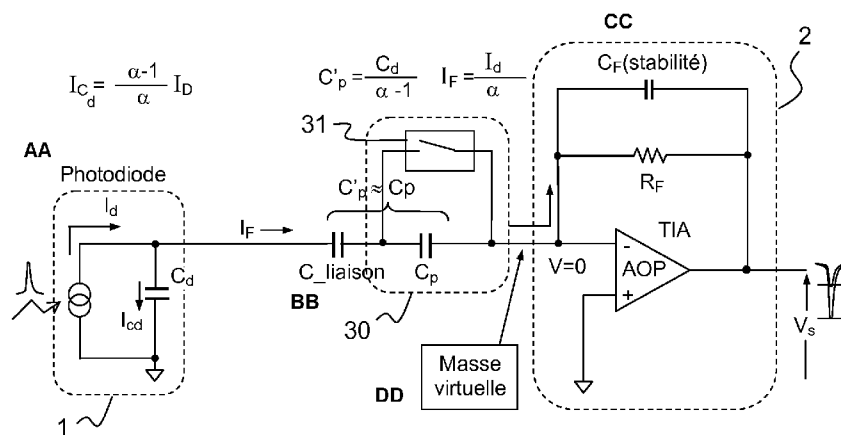


FIG. 2

AA ... Photodiode
BB ... C_link
DD ... Virtual earth
CC ... Cf(stability)

(57) Abstract : The invention relates to a receiver of a pulsed light signal which comprises: - a photodiode (1) able to generate an electric current (I_D) in response to this light signal, having as characteristic a capacitance C_d , - an electric earth, - a transimpedance amplifier (2) linked at the input of the photodiode by a linking capacitor C_{link} . It comprises an attenuation pad (30) situated between the photodiode and the transimpedance amplifier, consisting of a capacitor C_p with $C_p = C_d / (\alpha - 1)$, α being a predetermined attenuation with $\alpha > 1$.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/072362 A1

L'invention concerne un récepteur d'un signal lumineux impulsionnel qui comprend : - une photodiode (1) apte à générer un courant électrique (I_D) en réponse à ce signal lumineux, ayant comme caractéristique une capacité C_d , - une masse électrique, - un amplificateur transimpédance (2) relié en entrée de la photodiode par une capacité de liaison C_{liaison} . Il comporte un plot d'atténuation (30) situé entre la photodiode et l'amplificateur transimpédance, constitué d'une capacité C_p avec $C_p = C_d / (\alpha - 1)$, α étant une atténuation prédéterminée avec $\alpha > 1$.

RECEPTEUR D'UN SIGNAL LUMINEUX IMPULSIONNEL A FORTE DYNAMIQUE

Le domaine de l'invention est celui d'un récepteur à photodiode qui reçoit des impulsions lumineuses dans une très grande dynamique (de quelques nanoampères à quelques dizaines de milliampères). Cette dynamique met en œuvre un dispositif de commutation du gain par valeurs
5 discrètes, appelées « plots ».

La solution la plus couramment mise en œuvre pour obtenir un tel récepteur consiste à équiper une photodiode d'un amplificateur TIA acronyme de l'expression anglo-saxonne « TransImpedance Amplifier » ; cet amplificateur TIA de fort produit gain bande (ou GBW acronyme de
10 l'expression anglo-saxonne « Gain Bandwidth Product ») et de très faible bruit conditionne la performance de sensibilité.

On représente de manière classique une photodiode 1 par le montage montré figure 1a. Comme montré sur la figure de gauche, cette photodiode est de préférence chargée par une résistance R'_d entre l'anode et
15 la masse de manière à absorber le courant continu lié à l'éclairage ambiant aussi désigné courant de fond de scène, et qui est inclus dans le signal lumineux reçu par la photodiode. Selon la représentation équivalente montrée sur la figure de droite, cette résistance R'_d en parallèle avec la résistance interne de la photodiode forme une résistance équivalente R_d . La
20 photodiode est généralement caractérisée par une capacité C_d entre l'anode et la masse, montrée sur la figure de droite.

Dans un montage classique de récepteur dont un exemple est représenté figure 1b, une telle photodiode 1 est associée à un amplificateur TIA 2 à travers une capacité de liaison C_{liaison} qui contribue à séparer les
25 impulsions utiles du courant de fond de scène. La valeur de cette capacité de liaison C_{liaison} est typiquement supérieure à 10 nF. On rappelle qu'un amplificateur TIA comprend en parallèle un amplificateur opérationnel AOP ou un amplificateur à composants discrets, une résistance de contre-réaction R_f et une capacité de stabilité C_f . Un tel récepteur permet de neutraliser
30 l'influence de la capacité parasite C_d de la photodiode grâce à une masse virtuelle.

C'est en première approximation un système bouclé d'ordre 2 :

- De gain de conversion $Z_T(p)$ tel que

$$Z_T(p) = \frac{V_s}{i_D} = -R_f \frac{1}{1 + \frac{2\zeta}{\omega_n} p + \frac{p^2}{\omega_n^2}} \quad (eq 1)$$

5 V_s étant la tension en sortie du montage, i_D le courant généré par la photodiode, p ($p = j\omega = j2\pi f$) la variable de Laplace, R_f la résistance de contre-réaction du TIA, ζ l'amortissement du récepteur.

- et de pulsation propre ω_n telle que :

$$\omega_n = \sqrt{\frac{2\pi GBW}{R_f(C_d + C_f)}} \quad (eq 2)$$

Le rapport amortissement sur pulsation propre s'écrit :

$$10 \quad \frac{\zeta}{\omega_n} = \frac{1}{2} \left(R_f C_f + \frac{1}{2\pi GBW} \left(1 + \frac{R_f}{R_d} \right) \right) \quad (eq 3)$$

en pratique :

$$R_f C_f \gg \frac{1}{2\pi GBW} \left(1 + \frac{R_f}{R_d} \right) \quad (eq 4)$$

ce rapport prend alors la forme simple :

$$\frac{\zeta}{\omega_n} \approx \frac{1}{2} R_f C_f \quad (eq 5)$$

15 La modification du gain s'obtient d'après (eq 1) par le changement de la valeur R_f qui suivant (eq 2) modifie la pulsation propre ω_n et donc l'amortissement ζ d'après (eq 5). Il apparaît donc difficile avec une solution conventionnelle de changer le gain sans modifier la fonction de transfert.

20 La réponse en fréquence est illustrée figure 5a pour trois amortissements ζ (de 0.9, 0.7 et 0.5). Cette figure met en évidence le fait que le changement du gain influence l'amortissement lorsque la bande est maintenue constante.

Un autre critère important est le bruit en courant équivalent, ramené à l'entrée de l'amplificateur TIA, qui s'écrit :

$$i_n = \sqrt{i_{n-}^2 + \left(\frac{e_n}{R_f}\right)^2 + \frac{4kT}{R_f}} \quad (eq\ 6)$$

i_{n-} et e_n étant respectivement le courant équivalent de bruit à l'entrée négative de l'amplificateur opérationnel AOP et la tension équivalente de bruit à l'entrée de AOP qui caractérisent l'amplificateur opérationnel utilisé, k la constante de Boltzmann et T la température en degrés Kelvin.

Pour un amplificateur TIA et une photodiode donnés, la sensibilité est optimisée en choisissant la résistance R_f la plus élevée possible, compatible de la bande de traitement des impulsions.

Cependant, plus le gain est grand, plus l'admissibilité est faible puisque l'excursion en tension à la sortie de l'amplificateur est fixée par les alimentations. A contrario une diminution du gain augmente l'admissibilité mais détériore le bruit avec une limitation du courant imposée par le courant de sortie maximum de l'amplificateur.

Le problème se pose donc d'obtenir un récepteur optimum pour des signaux faibles mais aussi pour des signaux forts tout en conservant de préférence la même réponse en fréquence. Les solutions conventionnelles sont :

- Réduire le gain de l'amplificateur TIA, en diminuant la résistance de contre réaction R_f qui fixe le gain de conversion du TIA, ce qui améliore l'admissibilité mais au détriment du bruit. D'autre part réduire la résistance de contre réaction a pour effet d'augmenter significativement la bande passante, ce qui n'est a priori pas souhaitable si on veut une forme d'impulsion indépendante du gain.
- Placer un atténuateur résistif commuté entre la photodiode et l'amplificateur TIA de manière à réduire le gain lorsque le niveau reçu dépasse l'admissibilité. Cela dégrade le bruit car les résistances génèrent du bruit. De plus les commutateurs présentent des capacités parasites non négligeables devant la capacité de la photodiode, ce qui affecte la fonction de transfert.

Les solutions conventionnelles ne répondent pas au besoin.

Le plot d'atténuation peut comporter en outre une capacité C_{opt} en parallèle de C_d , cette capacité C_{opt} étant éventuellement elle-même commutable.

5 Le plot d'atténuation apériodique peut aussi être en outre constitué d'une capacité de compensation C_{comp} en parallèle de l'entrée de l'amplificateur transimpédance, pour former ainsi un plot d'atténuation apériodique compensé, avec $C_{comp} = C_d (\alpha - 1)/\alpha$, cette capacité de compensation étant éventuellement commutable.

10 L'ensemble plot d'atténuation et amplificateur transimpédance étant désigné voie de réception à plot d'atténuation, le récepteur comporte en outre une voie de réception sans plot d'atténuation comportant un autre amplificateur transimpédance, ces voies de réception étant multiplexées au moyen d'un commutateur d'entrée de ces voies et d'un commutateur de sortie de ces voies synchronisés entre eux de manière à obtenir un récepteur
15 de différents gains. Bien sûr plusieurs autres voies de réception à plot d'atténuation peuvent être multiplexées avec lesdites voies de réception, chaque voie de réception à plot d'atténuation présentant une atténuation différente.

20 Le signal lumineux est typiquement apte à générer dans la photodiode des impulsions de courant compris entre 10 nA et 100 mA.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

25 La figure 1a déjà décrite montre deux représentations schématiques équivalentes d'une photodiode munie d'une résistance de fond de scène ;

La figure 1b représente schématiquement un montage de récepteur selon l'état de la technique comportant une photodiode et un
30 amplificateur TIA ;

La figure 2 représente schématiquement un exemple de montage de récepteur selon un premier mode de réalisation de l'invention avec un plot d'atténuation purement capacitif ;

La figure 3a représente schématiquement un exemple de montage de récepteur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, avec un plot d'atténuation apériodique commuté autour de Rp Cp ;

La figure 3b représente schématiquement un exemple de montage de récepteur selon un troisième mode de réalisation de l'invention, avec un plot d'atténuation apériodique commuté autour de Cd ;

La figure 3c représente schématiquement un exemple de montage de récepteur selon un quatrième mode de réalisation de l'invention, avec un plot d'atténuation apériodique compensé ;

La figure 4 représente schématiquement un exemple de montage de récepteur selon un cinquième mode de réalisation de l'invention, avec plusieurs voies de réception commutées ;

La figure 5a montre la réponse en fréquence d'un récepteur classique à bande passante constante pour trois valeurs de gain, montrant une variation de l'amortissement ;

La figure 5b montre la réponse en fréquence d'un récepteur à plot apériodique compensé à bande passante constante pour trois valeurs de gain, montrant le maintien de l'amortissement.

D'une figure à l'autre, les mêmes éléments sont repérés par les mêmes références.

Le récepteur selon l'invention se fonde sur le principe d'un pont diviseur de courant capacitif au lieu d'être résistif.

Un exemple de plot d'atténuation capacitif associé à une photodiode 1 équipée d'un TIA 2 est montré figure 2. Sur cette figure on s'attache plus particulièrement à indiquer les courants électriques.

La photodiode est un générateur de courant idéal, capacitif du fait de la capacité parasite Cd. En ajoutant une capacité Cp en série entre le TIA 2 et la photodiode 1, en entrée ou en sortie de la capacité de liaison, le courant généré par la photodiode se répartit entre la capacité Cd et la capacité Cp en fonction des valeurs des capacités :

$$I_F = \frac{I_D}{\alpha} \text{ via la capacité } C_p ;$$

$$I_{Cd} = \frac{\alpha - 1}{\alpha} I_D \text{ via la capacité } C_d .$$

La valeur de la capacité $C_p = \frac{C_d}{\alpha - 1}$ fixe l'atténuation $\alpha = \frac{C_d + C_p}{C_p}$ du diviseur capacitif. Le signal est donc atténué sans ajout de bruit supplémentaire.

On a $\alpha > 1$; dans la pratique on choisit une atténuation α typiquement comprise entre 2 et 30. La valeur de C_p est typiquement inférieure à 10 pF.

Ce plot d'atténuation 30 constitué de la capacité C_p est éventuellement muni d'un commutateur 31 placé en parallèle de cette capacité C_p pour adapter le gain au niveau reçu.

10 Analysons plus particulièrement le comportement d'un tel récepteur aux fréquences basses, c'est-à-dire inférieures à 100 kHz :

Comme indiqué en préambule, la photodiode 1 est généralement chargée par une résistance R_d de manière à absorber le courant continu lié à l'éclairage ambiant. Cette résistance R_d modifie l'impédance de la photodiode qui ne peut alors plus être considérée comme purement capacitif.

Comme montré figure 3a, on complète alors la capacité C_p avec une résistance R_p en parallèle, qui forme avec cette capacité un réseau électrique parallèle désigné plot d'atténuation 30 apériodique d'impédance Z_p proportionnelle à Z_d qui est l'impédance du circuit de la diode comportant la résistance R_d et la capacité C_d en parallèle.

En posant $Z_p = (\alpha - 1)Z_d$, il vient :

$$\begin{cases} I_F = \frac{I_D}{\alpha} \\ R_p = (\alpha - 1) R_d \\ C_p = \frac{1}{(\alpha - 1)} C_d \end{cases}$$

I_F étant le courant en sortie du plot d'atténuation 30.

25 L'atténuation du courant devient alors indépendante de la fréquence, le bruit additif restant très faible puisque la résistance R_p est grande devant R_d du fait du rapport d'atténuation α .

Ce plot d'atténuation apériodique 30 est éventuellement muni d'un commutateur 31 disposé en parallèle de Rp et Cp.

A présent, analysons plus particulièrement le comportement d'un tel récepteur aux fréquences hautes c'est-à-dire supérieures à 10 MHz :

5 Avec le montage précédent de récepteur, l'amplificateur TIA 2 ne voit plus la même impédance lorsque le plot d'atténuation est engagé et sa fonction de transfert en est affectée comme illustré figure 5a pour des courbes de gain en fonction de la fréquence pour trois amortissements ζ (de 0,9, 0,7 et 0,5). Le montage se comporte comme un système du second
10 ordre.

Le rapport amortissement / pulsation propre :

$$\frac{\hat{\zeta}}{\hat{\omega}_n} = \frac{1}{2} \cdot \left[R_f \cdot C_f + \frac{1}{2\pi \cdot GBW} \cdot \left(1 + \frac{R_f}{\alpha \cdot R_d} \right) \right]$$

Lorsque la condition de produit gain × bande suffisant est respectée:

$$R_f \cdot C_f \gg \frac{1}{2\pi \cdot GBW} \cdot \left(1 + \frac{R_f}{\alpha \cdot R_d} \right)$$

15 le rapport amortissement sur pulsation propre reste constant :

$$\frac{\hat{\zeta}}{\hat{\omega}_n} = \frac{\zeta}{\omega_n} \cong \frac{1}{2} R_f C_f$$

Mais :

- La pulsation propre $\hat{\omega}_n$ correspond à celle d'un montage dont la photodiode a une capacité parasite plus faible d'un rapport α :

20
$$\omega_n = \sqrt{\frac{2\pi \cdot GBW}{R_f (C_d + C_f)}} \Rightarrow \hat{\omega}_n = \sqrt{\frac{2\pi \cdot GBW}{R_f \left(\frac{C_d}{\alpha} + C_f \right)}}$$

- Le gain statique Z_T est divisé par α, ce qui est souhaité :

$$Z_T = -R_f \frac{1}{1 + \frac{2\zeta}{\omega_n} p + \frac{p^2}{\omega_n^2}} \Rightarrow \hat{Z}_T = \frac{-R_f}{\alpha} \times \frac{1}{1 + \frac{2\hat{\zeta}}{\hat{\omega}_n} p + \frac{p^2}{\hat{\omega}_n^2}}$$

Dès lors qu'une atténuation α est réalisée, la pulsation propre $\hat{\omega}_n$ du récepteur augmente mais l'amortissement ζ augmente puisque le rapport amortissement / pulsation propre reste constant.

5 Pour conserver la même bande passante avec et sans atténuation, il faut modifier l'amortissement ; on ajoute donc une compensation pour obtenir la même fonction de transfert.

10 Observant que le rapport amortissement sur pulsation propre est invariant, le maintien simultané de l'amortissement et de la pulsation propre est obtenu en ajoutant une capacité de compensation C_{comp} 43 montrée figure 3c, en parallèle sur l'entrée de l'amplificateur TIA 2 telle que :

$$\omega_n = \hat{\omega}_n \Leftrightarrow \sqrt{\frac{2\pi GBW}{R_f \left(\frac{C_d}{\alpha} + C_{COMP} + C_f \right)}} = \sqrt{\frac{2\pi GBW}{R_f (C_d + C_f)}}$$

Soit :

$$C_{comp} = \frac{\alpha - 1}{\alpha} C_d$$

15 Le plot d'atténuation apériodique ainsi modifié est alors désigné « plot d'atténuation apériodique compensé ».

Un tel récepteur respecte la même fonction de transfert plot engagé ou non.

20 En plus du commutateur 31 (premier commutateur), un autre commutateur 44 peut être placé en série avec la capacité de compensation C_{comp} , entre elle et la masse. Le plot d'atténuation 30 apériodique compensé fonctionne lorsque cet autre commutateur 44 est fermé et le premier 31 est ouvert et inversement.

25 Dans la définition du plot apériodique, la valeur de la capacité C_p est liée à la capacité C_d du détecteur et au rapport d'atténuation. Pour une valeur de C_d comprise entre 12 et 18 pF, on obtient donc par la formule $C_p = \frac{1}{(\alpha - 1)} C_d$ et avec α compris entre 10 et 20, une valeur de C_p très faible comprise entre 0,5 et 2 pF difficilement maitrisable industriellement dans la
30 réalisation d'un montage. La solution proposée fig 3b consiste à augmenter

artificiellement la capacité C_d par ajout en parallèle d'une capacité C_{opt} 41, ce qui à atténuation égale permet d'augmenter la valeur de C_p . Cette capacité C_{opt} peut être commutée par un commutateur 42 placé en série vers la masse.

5 Dans la pratique les commutateurs sont imparfaits et l'implantation peut ajouter des éléments parasites qui peuvent dans certains cas dégrader la fonction de transfert. On désigne par voie de réception avec plot d'atténuation 50, l'ensemble plot d'atténuation 30 et amplificateur transimpédance 2. Le plot d'atténuation peut être apériodique ou non,
10 commutable ou non, compensé ou non etc. Une alternative proposée consiste à utiliser une pluralité de voies de réception, chacune de gain différent, comme sur la figure 4 avec deux valeurs de gain. Dans cet exemple, le récepteur comporte deux voies de réception :

- 15 - une voie 50 de réception avec plot, optimisée avec un plot d'atténuation apériodique compensé et
- une voie 50' de réception sans plot (ne comportant qu'un amplificateur transimpédance 2) optimisée à gain maximum.

La sélection de la voie s'effectue typiquement par un commutateur 61 situé en entrée de ces voies et un commutateur 62 situé en sortie de ces voies,
20 synchronisés entre eux pour obtenir un récepteur à différents gains. Le commutateur d'entrée 61 est avantageusement muni d'une capacité de liaison sur chacune de ses sorties vers une voie de réception.

Le récepteur ainsi équipé d'un plot d'atténuation présente les avantages suivants:

- 25 • Admissibilité supérieure à celle d'un montage conventionnel ;
- Réponse en fréquence indépendante du gain ;
- Bruit optimisé ;
- Prise en compte des capacités parasites des commutateurs ;
- Pas de compromis à trouver entre sensibilité et tenue en
30 puissance ;
- Réalisation simple.

Ce récepteur est typiquement intégré à un LIDAR. Il peut être utilisé comme élément d'un écartomètre notamment d'un écartomètre semi-

actif c'est-à-dire équipé d'un laser de désignation apte à illuminer la cible dont la rétrodiffusion est mesurée par ce récepteur. La cible émet par exemple des impulsions lumineuses de niveau constant, mais lorsque le récepteur est à grande distance, il ne peut mesurer que des impulsions de
5 très bas niveau, alors que lorsqu'il est à courte distance, il peut mesurer des impulsions de fort niveau.

REVENDEICATIONS

1. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel qui comprend :
 - une photodiode (1) apte à générer un courant électrique (I_D) en réponse à ce signal lumineux, ayant comme caractéristique une capacité C_d ,
 - une masse électrique,
 - un amplificateur transimpédance (2) relié en entrée de la photodiode par une capacité de liaison C_{liaison} ,caractérisé en ce qu'il comporte un plot d'atténuation (30) situé entre la photodiode et l'amplificateur transimpédance, constitué d'une capacité C_p avec $C_p = C_d / (\alpha - 1)$, α étant une atténuation prédéterminée avec $\alpha > 1$.
2. Récepteur d'un signal lumineux selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la capacité C_p est située en série avec la capacité de liaison C_{liaison} .
3. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon la revendication 1, caractérisé en ce que la capacité de liaison est intégrée à la capacité C_p .
4. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte une résistance R_d de courant de fond de scène située entre la photodiode et la masse électrique, la capacité C_d et ladite résistance R_d ayant une impédance Z_d , et en ce que le plot d'atténuation est en outre constitué d'une résistance R_p en parallèle avec la capacité C_p , formant ainsi un réseau électrique parallèle désigné plot d'atténuation (30) apériodique, d'impédance Z_p avec $Z_p = (\alpha - 1)Z_d$.
5. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le plot d'atténuation (30) comporte en outre un commutateur (31) en parallèle de la capacité C_p , de manière à obtenir un plot d'atténuation commutable.

6. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le plot d'atténuation (30) comporte en outre une capacité C_{opt} (41) en parallèle de C_d .
- 5 7. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le plot d'atténuation (30) comporte en outre un commutateur (42) en série de la capacité C_{opt} (41).
- 10 8. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes prise en combinaison avec la revendication 4, caractérisé en ce que le plot d'atténuation apériodique (30) est en outre constitué d'une capacité de compensation C_{comp} (43) en parallèle de l'entrée de l'amplificateur transimpédance (2), pour former ainsi un plot d'atténuation apériodique compensé, avec $C_{comp} = C_d(\alpha - 1) / \alpha$.
- 15 9. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon la revendication précédente prise en combinaison avec la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un commutateur (44) en série avec la capacité de compensation (43) et relié à la masse, de manière à obtenir une capacité de compensation commutable.
- 20 10. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, l'ensemble plot d'atténuation (30) et amplificateur transimpédance (2) étant désigné voie de réception à plot d'atténuation (50), il comporte en outre une voie de réception sans plot d'atténuation (50') comportant un autre amplificateur transimpédance, ces voies de réception étant multiplexées au moyen d'un commutateur d'entrée de ces voies (61) et d'un commutateur de sortie de ces voies (62) synchronisés entre eux de manière à obtenir un récepteur à différents gains.
- 25 30 11. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une autre voie de réception à plot d'atténuation, multiplexée avec lesdites voies de

réception (50, 50'), chaque voie de réception à plot d'atténuation présentant une atténuation différente.

- 5 12. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'amplificateur transimpédance (2) comporte un amplificateur opérationnel ou un amplificateur à composants discrets.
- 10 13. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le signal lumineux est apte à générer dans la photodiode des impulsions de courant compris entre 10 nA et 100 mA.
14. Récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que α est compris entre 2 et 30.
- 15 15. Lidar comportant un récepteur d'un signal lumineux impulsionnel selon l'une des revendications précédentes.
16. Ecartomètre équipé d'un récepteur selon l'une des revendications précédentes.
- 20 17. Ecartomètre selon la revendication précédente, équipé en outre d'un laser de désignation.

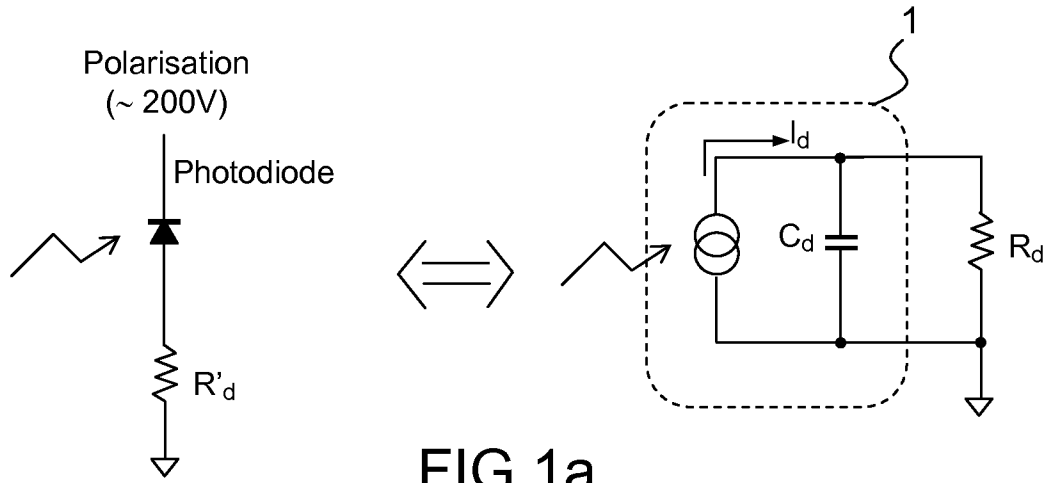


FIG.1a

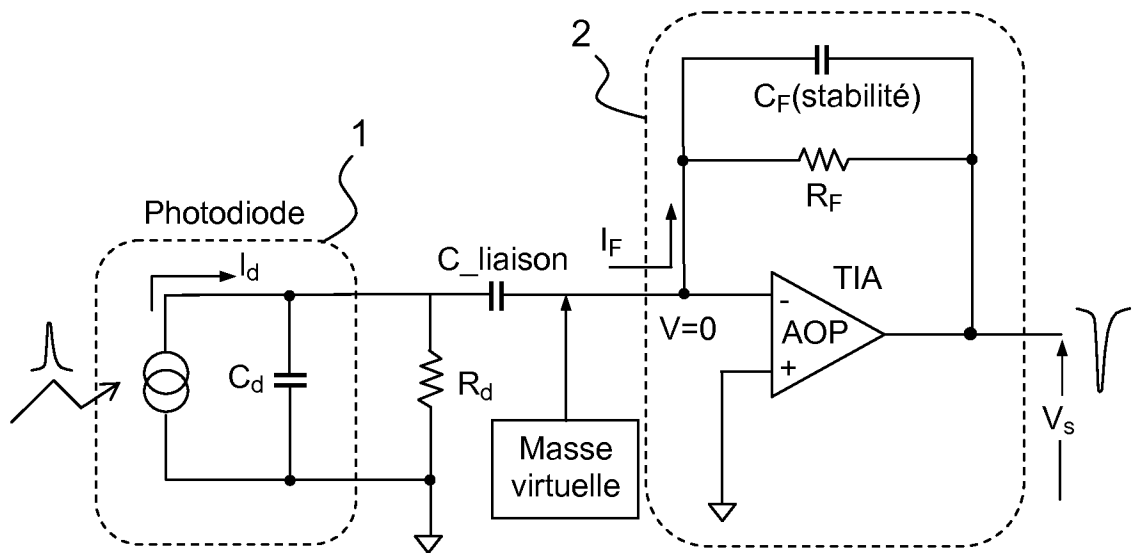


FIG.1b

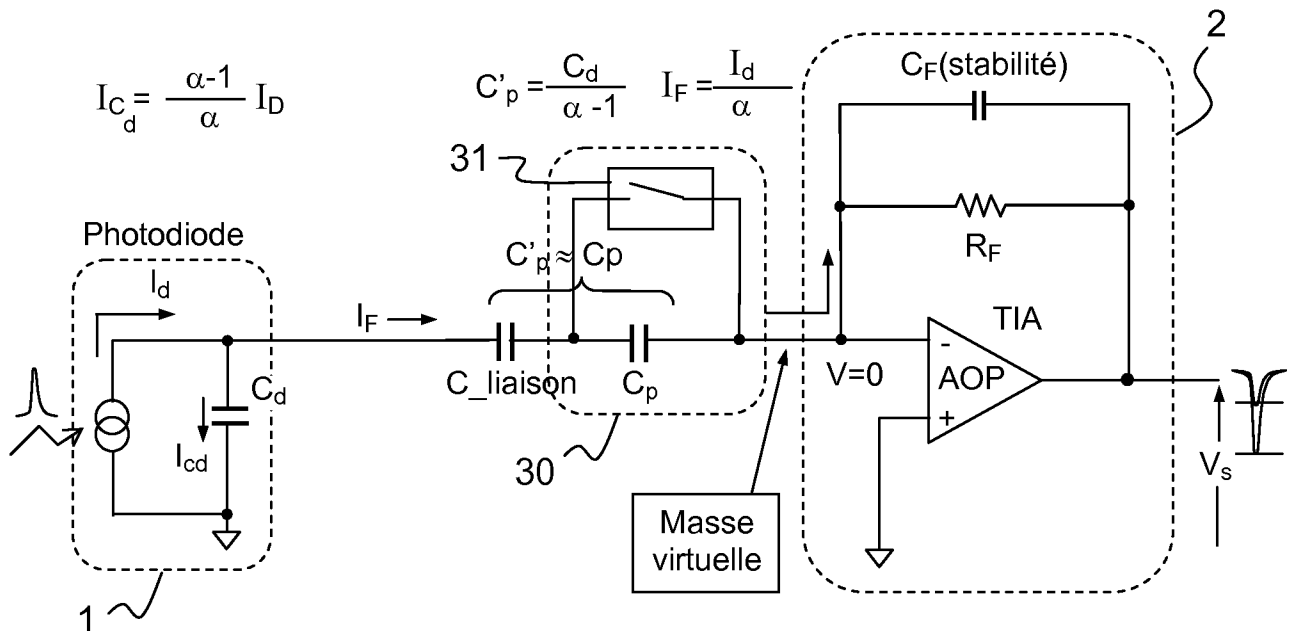


FIG.2

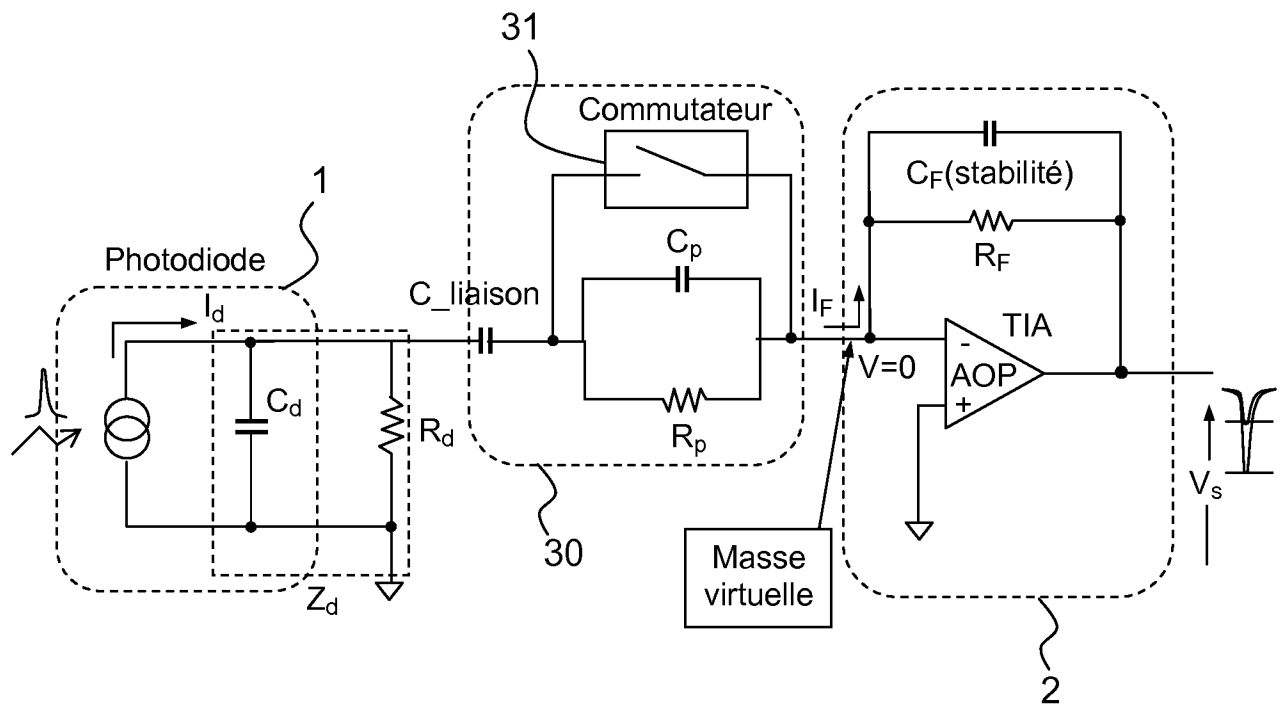


FIG.3a

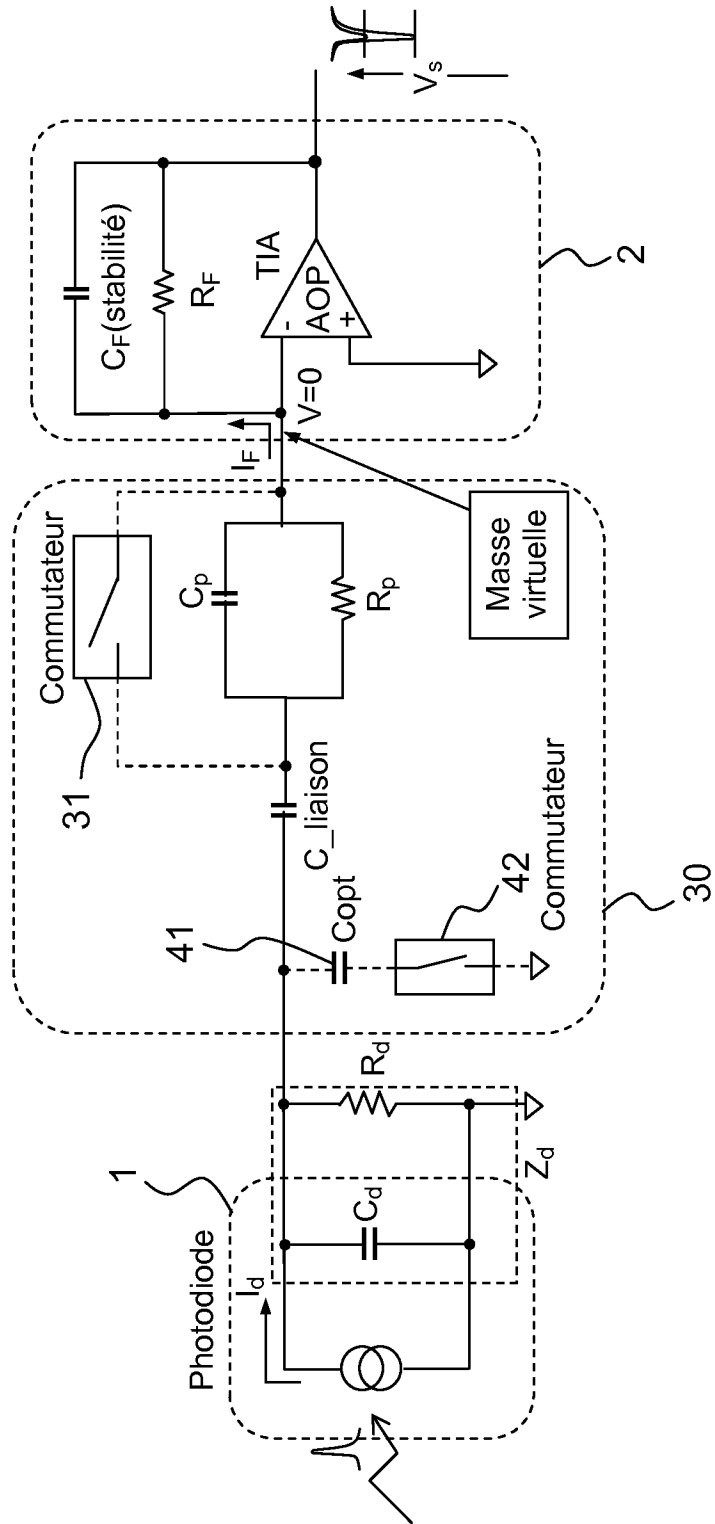


FIG.3b

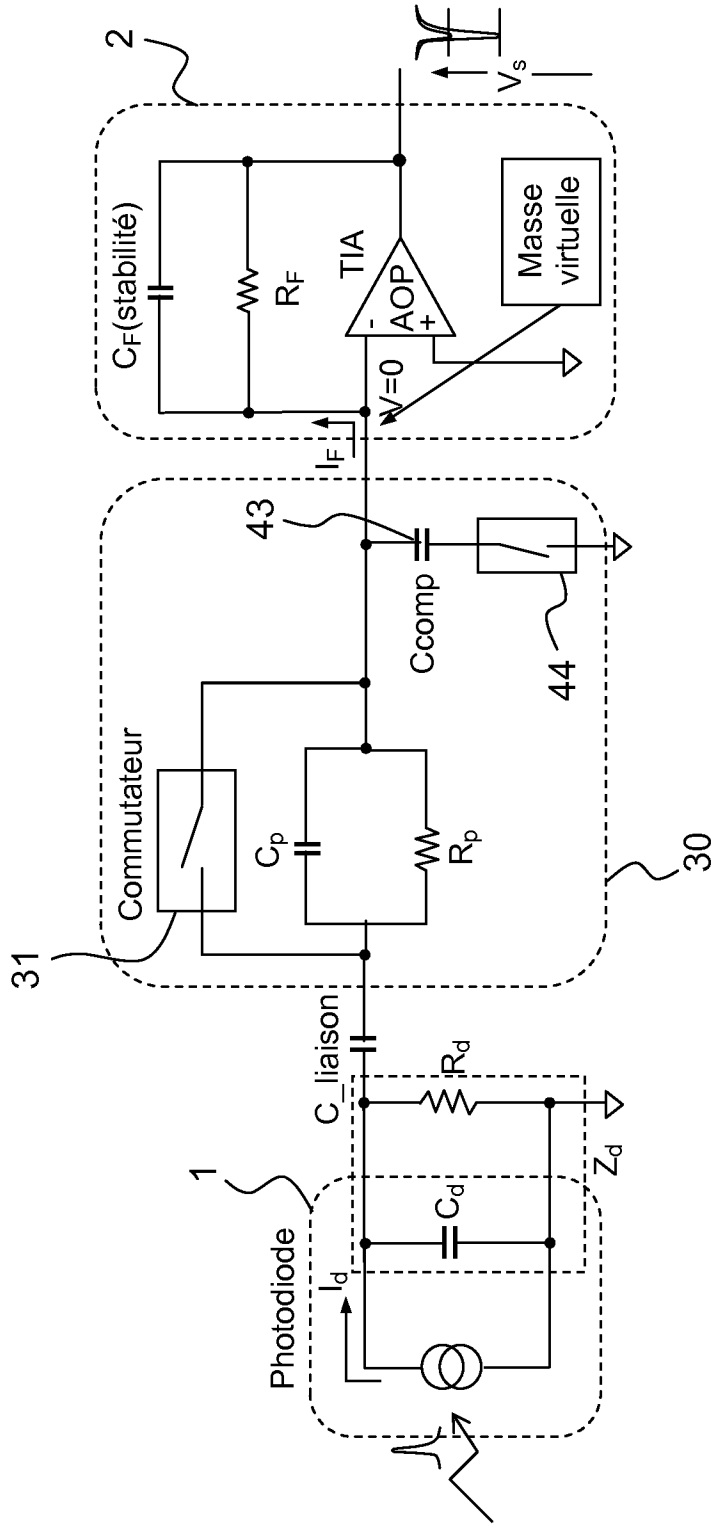


FIG.3c

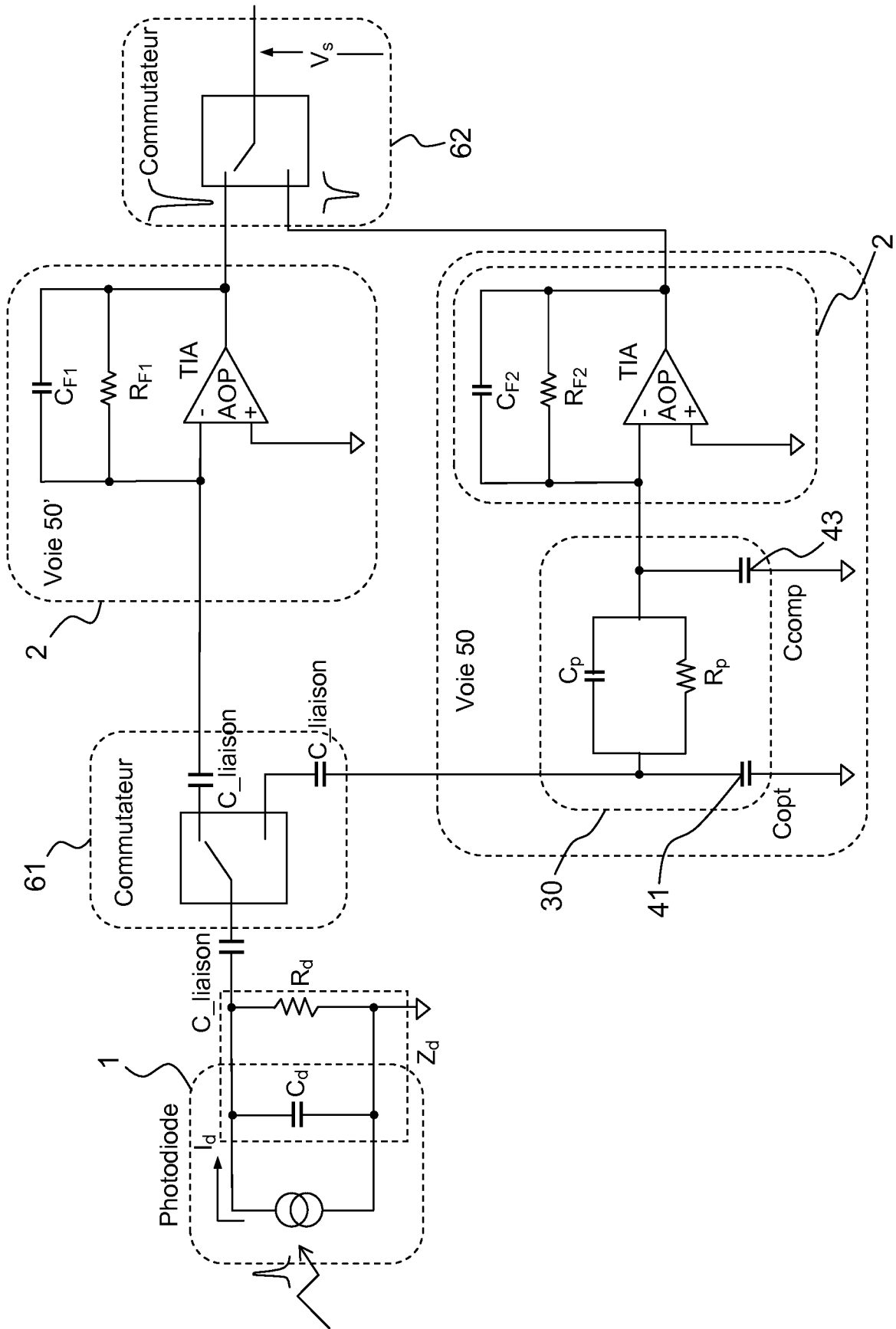


FIG.4

Gain TIA en configuration Gmax, bande passante constante de 20MHz
GBW=1300MHz, Cd=15pF, Rd=10kOhms

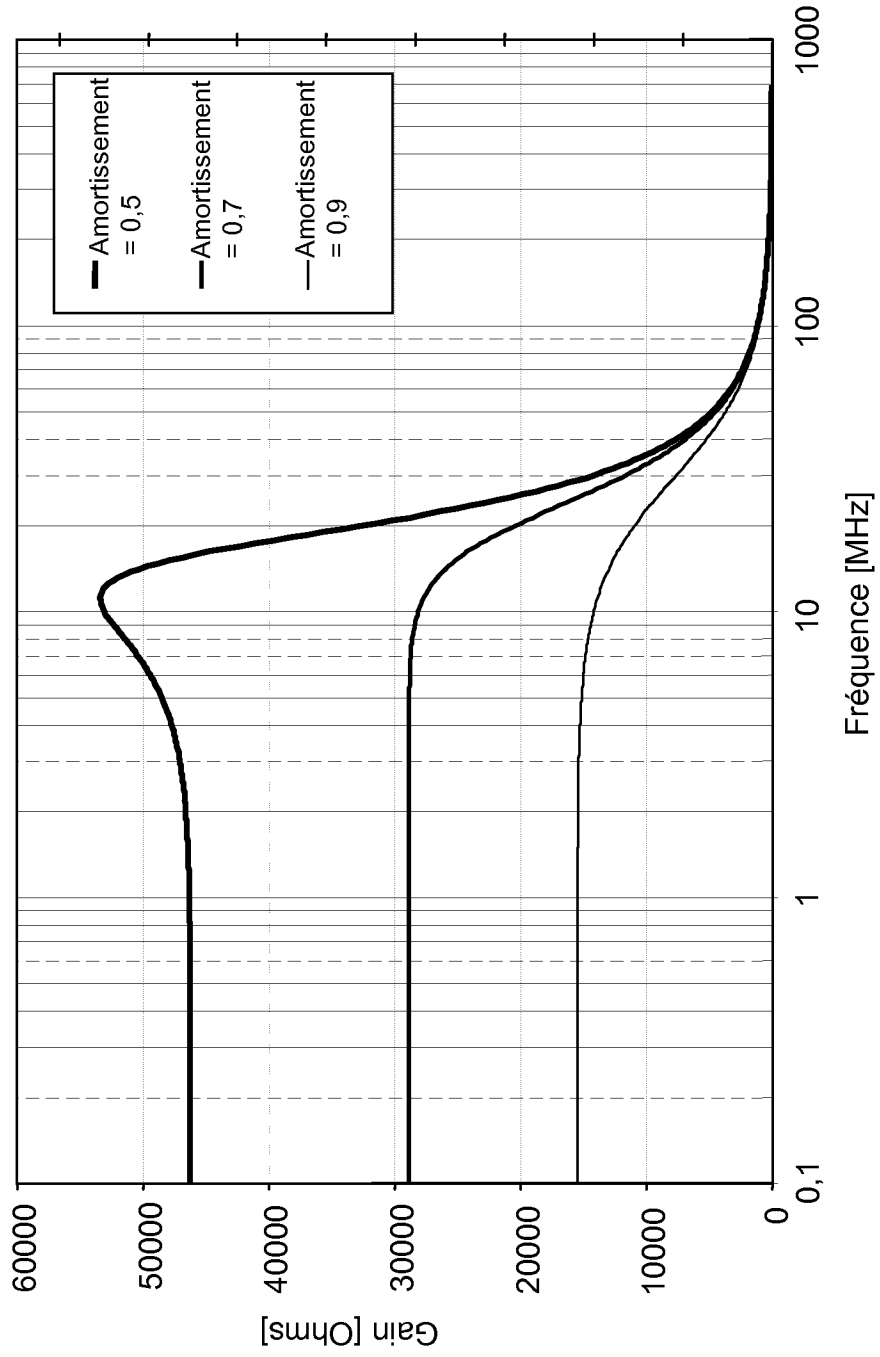


FIG.5a

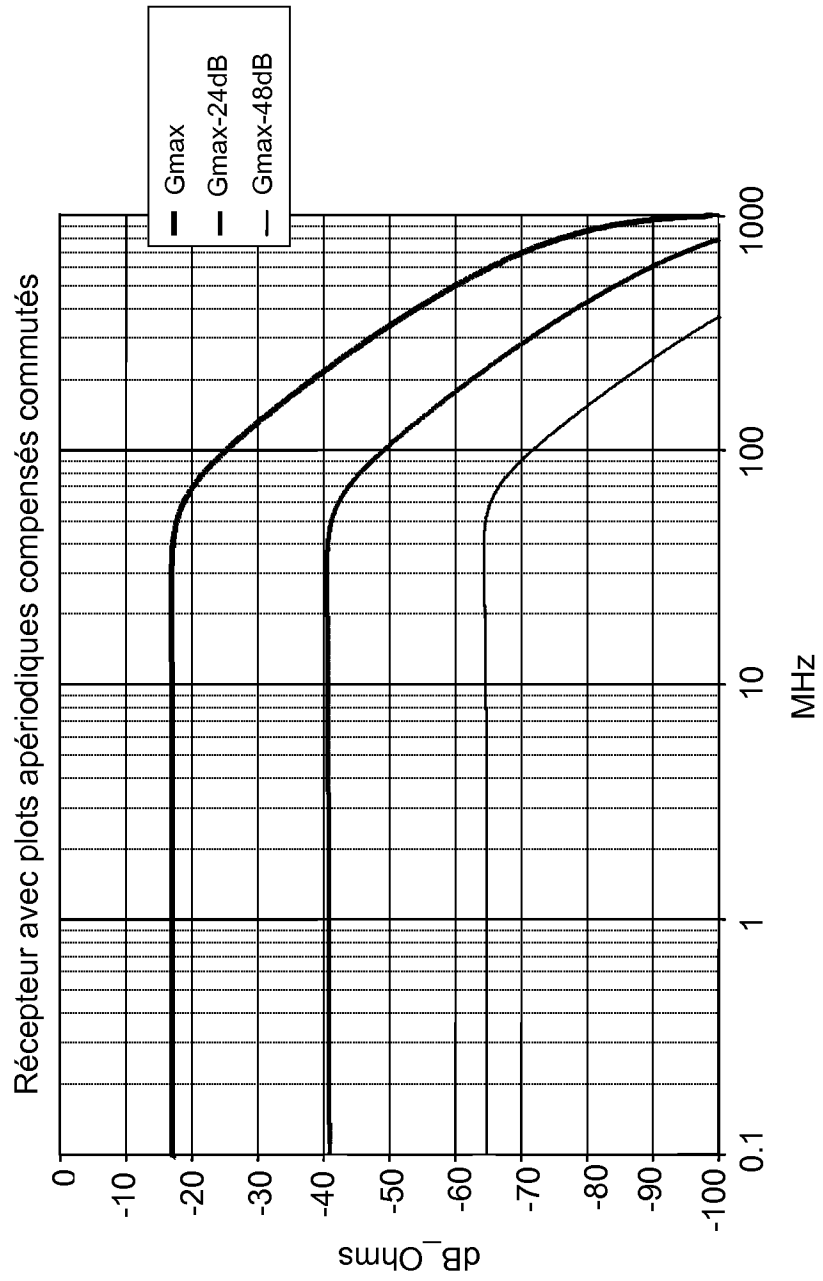


FIG.5b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/073198

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01J1/46 H03F3/08
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)
G01J H03F

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.
A	US 2006/001493 A1 (HARMS TORSTEN [DE] ET AL) 5 January 2006 (2006-01-05) abstract; figure 1 -----	1-17
A	US 2004/036012 A1 (HORIGUCHI ATSUSHI [JP] ET AL) 26 February 2004 (2004-02-26) abstract; figure 1 -----	1-17
A	US 4 415 803 A (MUOI TRAN V [US]) 15 November 1983 (1983-11-15) abstract; figure 3 -----	1-17
A	US 6 862 322 B1 (EWEN JOHN FARLEY [US] ET AL) 1 March 2005 (2005-03-01) column 5, line 2 - line 45; figures 2a,b -----	1-17

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 21 November 2013	Date of mailing of the international search report 04/12/2013
---	--

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 Schmidt, Charlotte
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/073198

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006001493	A1	05-01-2006	EP 1622257 A1
			US 2006001493 A1

US 2004036012	A1	26-02-2004	DE 10338972 A1
			JP 2004085306 A
			US 2004036012 A1

US 4415803	A	15-11-1983	NONE

US 6862322	B1	01-03-2005	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/073198

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01J1/46 H03F3/08 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) G01J H03F		
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
A	US 2006/001493 A1 (HARMS TORSTEN [DE] ET AL) 5 janvier 2006 (2006-01-05) abrégé; figure 1 -----	1-17
A	US 2004/036012 A1 (HORIGUCHI ATSUSHI [JP] ET AL) 26 février 2004 (2004-02-26) abrégé; figure 1 -----	1-17
A	US 4 415 803 A (MUOI TRAN V [US]) 15 novembre 1983 (1983-11-15) abrégé; figure 3 -----	1-17
A	US 6 862 322 B1 (EWEN JOHN FARLEY [US] ET AL) 1 mars 2005 (2005-03-01) colonne 5, ligne 2 - ligne 45; figures 2a,b -----	1-17
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> 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 21 novembre 2013		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/12/2013
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 Schmidt, Charlotte

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/073198

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006001493	A1	05-01-2006	EP 1622257 A1 01-02-2006 US 2006001493 A1 05-01-2006
US 2004036012	A1	26-02-2004	DE 10338972 A1 18-03-2004 JP 2004085306 A 18-03-2004 US 2004036012 A1 26-02-2004
US 4415803	A	15-11-1983	AUCUN
US 6862322	B1	01-03-2005	AUCUN