

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 04017

(54) Appareil pour la mesure d'un champ électrique.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 R 29/12; G 01 V 3/00.

(22) Date de dépôt 22 février 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 35 du 28-8-1981.

(71) Déposant : OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE RECHERCHES AEROSPATIALES (par abré-
viation O.N.E.R.A.), résidant en France.

(72) Invention de : Pierre André René Marie Laroche, Roland Joseph Hoarau et Patrice Brault.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : André Netter, conseil en brevets d'invention,
40, rue Vignon, 75009 Paris.

L'invention a pour objet un appareil pour la mesure d'un champ électrique, notamment du champ électrique atmosphérique.

5 Le champ électrique atmosphérique en un lieu déterminé subit généralement des variations lentes, en fonction du déplacement des masses nuageuses, et des variations très rapides, provoquées par les décharges électriques pendant les orages (éclairs).

10 On a déjà proposé, pour mesurer le champ électrique atmosphérique, d'utiliser un électromètre constitué par une électrode métallique disposée dans le champ et dont le potentiel par rapport au sol est mesuré au moyen d'un dispositif amplificateur à courant continu ayant une impédance d'entrée élevée. Un tel appareil ne peut donner une information qu'en 15 cas de variations du champ résultant des décharges électriques mais n'est pas sensible à la composante continue du champ. En outre, une variation accidentelle de son impédance d'entrée due à l'environnement modifie la sensibilité de l'appareil.

20 On a aussi utilisé un appareil comportant un capteur à sonde ionisante qui détecte le courant provoqué par le champ dans la charge d'espace créée par une sonde à rayonnement α . Mais un tel capteur est particulièrement sensible, d'une part à l'humidité qui fait cesser l'émission ionisante et, d'autre part, à l'écoulement aérodynamique de l'air autour du capteur 25 qui modifie la valeur du courant électrique.

Plus récemment, on a proposé des appareils du type à courant alternatif, communément appelés "moulins à champ", dans lesquels on mesure le courant électrique circulant dans le capteur entre une électrode de mesure ou de détection et la 30 masse par l'intermédiaire d'une modulation périodique du champ électrique appliqué à l'électrode de mesure obtenue au moyen d'un masque rotatif appelé électrode de modulation. Le champ électrique mesuré est proportionnel à la différence des signaux captés par l'électrode de détection, d'une part lorsqu'elle 35 n'est pas masquée et d'autre part lorsqu'elle est masquée. Dans certains de ces appareils, la mesure consiste à lire sur un oscilloscope, préalablement étalonné, la valeur du courant électrique circulant dans une résistance faisant partie d'un

circuit reliant l'électrode de mesure à la masse. La mesure du champ est alors dépendante de la vitesse de rotation de l'électrode de modulation. D'autres appareils de ce type, plus élaborés, comprennent un amplificateur intégrateur dont l'entrée est reliée à l'électrode de détection : l'amplitude de la tension de sortie ne dépend alors plus de la vitesse de rotation de l'électrode de modulation. Cependant, tous ces appareils, s'ils permettent de mesurer la valeur du champ atmosphérique et ses variations lentes, sont incapables d'en restituer les variations rapides telles que celles qui apparaissent à la suite de décharges atmosphériques en périodes orageuses.

L'invention a pour objet un appareil qui permet de connaître à tout moment la valeur statique d'un champ électrique, d'en déterminer les variations lentes et simultanément d'en mesurer les variations rapides.

L'appareil selon l'invention fonctionne d'une manière satisfaisante dans les conditions d'environnement sévères (pluie, grêle, vent) qui sont celles de nombreux appareils de surveillance du champ électrique atmosphérique.

L'invention part de cette constatation que la partie utile du signal électrique fourni par un capteur disposé dans un champ uniforme et comprenant une électrode de détection et une électrode de modulation de mêmes dimensions n'est pas la traduction fidèle du champ et cela en raison du fait que, même si le masquage géométrique de l'électrode de détection est bien réalisé, des lignes de champ peuvent encore atteindre celle-ci. D'une part, l'électrode de détection délivre alors, lorsqu'elle est complètement masquée par l'électrode de modulation, un signal parasite qui limite l'amplitude du signal utile. D'autre part, le gain du capteur dépend de l'amplitude des variations du champ électrique.

Pour améliorer le rapport signal/bruit, l'invention prévoit donc des moyens permettant de réduire notablement la valeur du signal parasite lors du masquage de l'électrode de détection. Ainsi, non seulement on peut optimiser le traitement du signal utile dont la partie périodique est à moyenne nulle, au moyen d'un dispositif électronique, mais aussi on

peut mesurer les variations rapides du champ consécutives à des décharges atmosphériques en conservant un gain de mesure constant.

5 L'invention vise un capteur de champ électrique à modulation, caractérisé en ce qu'il comprend, interposé entre l'électrode de détection et le modulateur, un écran fixe conducteur de l'électricité relié à la masse électrique du capteur pour empêcher que l'électrode de détection subisse l'influence d'un champ lorsqu'elle est masquée par le modu-
10 lateur.

Selon une forme de réalisation, dans laquelle l'électrode circulaire de détection est associée à un disque métallique tournant comportant des secteurs ajourés, l'écran est constitué par un disque fixe ayant la même découpe que le
15 disque modulateur mais débordant par sa partie périphérique non ajourée tant par rapport au disque modulateur que par rapport au disque de détection.

L'invention vise également un appareillage qui comporte une chaîne de mesure pour le traitement du signal délivré
20 par l'électrode de détection comprenant des moyens pour fournir un signal démodulé, caractérisé en ce que la démodulation est effectuée suivant deux voies parallèles dont les sorties sont appliquées à un amplificateur différentiel, chacune des voies comprenant un échantillonneur-bloqueur commandé par des signaux
25 de synchronisation décalés temporellement entre eux d'une demi-période de la fréquence d'échantillonnage.

Un tel appareillage est particulièrement avantageux pour la mesure des variations brutales du champ électrique, notamment du champ électrique atmosphérique, résultant des
30 décharges électriques en périodes orageuses.

Dans la description qui suit, faite à titre d'exemple, on se réfère aux dessins annexés, dans lesquels :

la figure 1 est une vue d'ensemble d'un appareil capteur;

35 la figure 2 est une vue schématique en coupe d'un capteur faisant partie dudit appareil;

la figure 3 est une vue schématique perspective de disques faisant partie du capteur;

la figure 4 est une vue schématique par la tranche de tels disques;

les figures 5 sont des diagrammes de signaux;

la figure 6 est un bloc-diagramme d'un appareillage comportant une chaîne de mesure pour le traitement de signaux;

la figure 7 est une vue analogue à la figure 6, mais pour une autre réalisation.

On se réfère d'abord aux figures 1 à 4.

Le capteur 11 (figure 1) est porté par trois pieds 12, 13, 14, en matériau conducteur, formant un tripode 15, reposant sur un socle métallique 16 mis à la masse par un conducteur 17 enfoui dans le sol 18.

Le capteur 11 comprend un corps de capteur 21 (figure 2) supporté par le tripode 15. Le corps 21 est en forme de cuvette renversée avec un fond supérieur 22 et un bord 23, l'orifice 24 de la cuvette étant tourné vers le bas.

La cuvette loge un premier disque 25, fixé à l'extrémité épanouie 26 d'un manchon conducteur 27 formant le prolongement d'un arbre de sortie 28 d'un moteur électrique 29. Ledit moteur est logé à l'intérieur d'un boîtier cylindrique 31 qui forme le prolongement de la cuvette 21 et dont l'axe 32, aligné avec celui du moteur 29, est perpendiculaire au fond 22 de la cuvette. Le moteur 29 est porté par le fond 33 du boîtier 31 et il est alimenté par deux conducteurs 34 et 35 provenant d'une alimentation 30.

Le disque 25 présente une succession de découpes 36 (figure 3) délimitant des secteurs 37 à périphérie 38 et bords radiaux 39 et 41.

Au-dessus du disque 25 se trouve un second disque 42, coaxial au disque 25 et dont l'orifice central 43 permet le passage du manchon 27. Le disque 42 présente des découpes 44, régulièrement réparties au point de vue angulaire autour de l'axe 32 et qui sont en forme de secteurs, chaque secteur étant limité par un bord périphérique 45 et des bords radiaux 46, 47. L'envergure angulaire des découpes 44 est égale à l'envergure angulaire des secteurs 37 : l'angle entre les bords 39 et 41 d'un secteur 37 est égal à l'angle entre les bords 46 et 47 des découpes 44. La distance radiale d'un bord périphérique 45

d'une découpe 44 est plus petite que la distance radiale du bord périphérique 38 d'un secteur 37, comme évoqué sur la figure par la ligne 38', projection d'un bord 38 sur le plan du disque 42. Le disque 42, qui peut jouer ainsi le rôle
5 d'écran, est porté par des entretoises métalliques 48 dépendantes d'une plaque de revêtement 49, conductrice, appliquée sur la surface interne 51 du fond 22 de la cuvette. Le disque 42 est ainsi un disque fixe.

Un troisième disque 52, ou électrode de détection,
10 également fixe, surmonte le disque 42 et il présente une ouverture centrale 53 pour le passage du manchon 27. Ce disque a un bord circulaire 54 de même diamètre que le bord circulaire 55 du disque 25. Il est fixé à des plots isolants 56 fixés d'autre part sur le revêtement 49. Sur le disque 52,
15 métallique, ouvert vers le bas, est érigé un plot isolant 57 traversé par un conducteur 58, en contact avec le disque 52 et qui pénètre dans le boîtier 31 par un trou 50 du fond 33 et sort du boîtier 31 par un trou 59 prévu dans ce dernier, le conducteur 58 étant à son autre extrémité relié à des
20 appareils de mesure.

Du revêtement 49 dépendent deux plots conducteurs 61, 62 porteurs de balais, respectivement 63 et 64, qui frottent contre la périphérie 60 du manchon 27.

Sur un second arbre 65 du moteur 29, opposé à l'arbre
25 28, est monté, par son moyeu 66, un quatrième disque 67 dont la périphérie est découpée de manière à former des dents 68 dont les bords 69 et 71 limitent, avec des dents adjacentes, des intervalles interdentaires 72, la denture du disque 67 étant de même disposition angulaire que les secteurs et ajours
30 des disques 25 et 42. Le disque 67 passe entre les deux barrettes 73 et 74 d'un dispositif opto-électronique 75, l'une des barrettes 73 comprenant une source de lumière 76 et l'autre barrette 74 une cellule photosensible 77 dont le circuit de sortie 78 traverse le boîtier 31 par un trou 79.

35 Le dispositif opto-électronique 75 dépend d'un couvercle 81 dont la paroi latérale 82 prolonge la paroi latérale 83 du boîtier 31, des moyens schématisés en 84 étant prévus pour ajuster la position angulaire du couvercle 81 par rapport au boîtier 31.

L'ensemble du dispositif capteur 11 est couvert par une calotte métallique hémisphérique 91 reliée à la masse du capteur ouvert vers le bas dont le bord inférieur 92 est légèrement en dessous du fond supérieur 22 de la cuvette 21 et ménage avec celle-ci un faible intervalle 93.

Le fonctionnement du dispositif capteur 11 est le suivant :

Les lignes de force f (figure 1) du champ électrique inducteur qui sont des verticales descendantes dans le cas du champ électrique atmosphérique, sont déviées vers le haut, comme montré par les flèches f_1 en raison des masses métalliques constituées par le tripode 15 et la cuvette 21.

Les lignes de force entrent dans la cuvette 21 par l'orifice 24 de cette dernière, tombent ou bien sur la face inférieure du premier disque 25 ou bien dans l'intervalle 94 ménagé entre le bord 55 dudit premier disque, ou disque modulateur, et la surface interne 95 du bord 23 de la cuvette. Parmi les lignes de force tombant sur le disque 25, seules traversent ce dernier celles qui tombent dans les intervalles sectoriels 36 compris entre deux secteurs 37 dudit disque. Ces lignes de champ rencontrent successivement sur le disque 45 des ajours ou découpes 44 et des parties pleines 97. Elles ne traversent le disque 42 que par leurs ajours 44. Il en résulte que le disque 52 n'est rencontré par sa face inférieure 98 que par des lignes de force ayant traversé les ajours 44, donc celles ayant traversé les ajours 36 du disque modulateur 25.

Une ligne de force telle que f_2 (figure 4) pénétrant dans la cuvette 21 dans l'intervalle 94 entre le contour 55 du disque 25 et la bord 23 de la cuvette est ou bien arrêtée par la partie périphérique 99 du disque 42, dépourvue de découpes, faisant saillie radialement par rapport au bord 55, ou bien, comme la ligne de force f_3 , ne peut parvenir sur le disque 52, en raison de la saillie que fait le disque 42 par rapport au disque 52.

L'évolution, au cours du temps, du champ électrique capté par le disque 52 est donc représentée par un diagramme de forme sensiblement triangulaire, comme montré en q_1 sur

la figure 5b. Aux instants correspondant aux minimums d'amplitude, le disque 52 n'est rencontré par aucune ligne de force du champ électrique. Aux instants correspondant aux maximums, le disque 52 reçoit le maximum de champ électrique.

5 Le signal fourni par le circuit 58 est appliqué à l'entrée 111 (figure 6) d'un amplificateur opérationnel 112 à circuit de réaction 113, comprenant une capacité 114, et à la sortie 115 duquel est présent un signal modulé $v(t)$ appliqué à l'entrée 116 d'un démodulateur synchrone 117 comprenant
10 deux portes analogiques 118 et 119. La commande des portes est effectuée en appliquant à une autre entrée 121 du démodulateur un signal fourni, par l'intermédiaire d'un dispositif électronique approprié, par le dispositif opto-électronique 75 : les portes 118 et 119 sont ainsi commandées en synchro-
15 nisme de la modulation.

La sortie 122 de la porte 118 est appliquée à une première entrée 123 d'un amplificateur différentiel 124 et la sortie 125 de la porte 119 est appliquée à la seconde entrée 126 dudit amplificateur. La sortie 127 de l'amplificateur
20 différentiel est appliquée à l'entrée 128 d'un filtre passe-bas 129 et à la sortie 131 de ce dernier on obtient une tension dont la valeur est représentative du champ électrique influençant le dispositif capteur 11.

On se réfère maintenant à la figure 7, relative à une
25 autre forme de réalisation du dispositif électronique de traitement. La liaison 58 issue du dispositif de capteur 11 est appliquée à l'entrée 132 d'un amplificateur opérationnel 133 avec circuit de contre-réaction 134 comprenant un condensateur 135. La sortie 136 de l'amplificateur 133 se divise
30 suivant une première branche 137 appliquée à l'entrée 138 d'un premier dispositif échantillonneur-bloqueur 139 et une seconde branche 141 appliquée à l'entrée 142 d'un second dispositif échantillonneur-bloqueur 143.

La liaison 78 de sortie du dispositif opto-électronique
35 est appliquée à l'entrée 144 d'un dispositif 145 de mise en forme du signal, fournissant sur sa sortie 146 un signal de commande constitué par une succession des signaux dont la fréquence dépend de la période de modulation et sur une

seconde sortie 147 une succession de signaux de même période, mais décalés d'une demi-période par rapport à ceux fournis sur la sortie 146.

La sortie 146 est reliée par une liaison 148 au premier
5 dispositif échantillonneur-bloqueur 139 pour commander ce
dernier et le circuit 147 est relié par une liaison 149 au
dispositif échantillonneur-bloqueur 143 pour commander ce
dernier. A la sortie 151 du dispositif échantillonneur-bloqueur
139 est présente une tension continue d'un certain signe et
10 à la sortie 152 de l'autre échantillonneur-bloqueur est pré-
sente une tension continue de signe opposé à la première.
Ces deux tensions sont appliquées aux entrées respectives 153
et 154 d'un amplificateur différentiel 155 à la sortie 156
duquel est présente une tension représentative du champ élec-
15 trique influençant le dispositif capteur 21. Cette tension est
utilisable directement sur une sortie analogique 157 du dis-
positif de traitement électronique.

Aussi bien dans la forme de réalisation selon la
figure 6 que dans celle selon la figure 7, le signal présent
20 à la sortie 131 et 157 respectivement est indépendant de la
vitesse de rotation du moteur 29.

On se réfère maintenant d'une manière plus complète aux
figures 5.

La grandeur physique à mesurer, à savoir le champ $E(t)$,
25 est représentée sur la figure 5a : dans l'exemple choisi, le
champ croît d'abord lentement, comme montré par la partie
rectiligne p_1 légèrement ascendante puis, très rapidement,
en correspondance d'un éclair, comme montré en p_2 , et ensuite
la variation lente se poursuit, comme montré par la partie
30 p_3 , mais à un niveau supérieur.

La courbe $Q(t)$ de la figure 5b représente, comme déjà
indiqué, l'évolution correspondante au cours du temps de la
charge induite sur l'électrode de capteur 52. Avec le dispo-
sitif de capteur, le signal à la sortie de l'électrode est un
35 signal sensiblement triangulaire dont la période est celle de
la modulation. Le signal varie entre une valeur nulle et une
valeur maximale, et c'est l'amplitude du signal qui est re-
présentative du champ.

En correspondance de la partie lentement croissante p_1 de la figure 5a, l'amplitude varie d'abord progressivement, comme montré par la partie q_1 . Puis, à l'apparition de l'éclair, il y a une brusque variation du signal suivant la droite pratiquement verticale q_2 et ensuite le signal
5 continue sa variation quasi-triangulaire sur la partie q_3 , mais avec des amplitudes correspondant à la partie lentement ascendante p_3 de la valeur du champ.

A la sortie de l'amplificateur 133, on obtient un
10 signal $v(t)$ comme montré sur la figure 5c, qui est directement proportionnel à la charge $Q(t)$.

Après une première partie v_1 , correspondant à la lente montée de la valeur du champ, la courbe $v(t)$ comporte une partie pratiquement verticale v_2 , à laquelle se raccordent,
15 sur la partie v_3 , des parties périodiques d'amplitude plus grande que sur la partie v_1 , mais qui ne redeviennent symétriques par rapport à l'axe des abscisses que d'une manière progressive et cela en raison du temps de réponse de l'amplificateur 133.

Le signal de la figure 5d, $Op(t)$, est fourni par le
20 dispositif opto-électronique et présent sur la sortie 78 du dispositif capteur. Les signaux H_1 et H_2 des figures 5e et 5f sont, respectivement, les signaux fournis par le dispositif de traitement électronique du signal $Op(t)$ prévu pour la
25 commande des échantillonneurs-bloqueurs, respectivement 139 et 143.

Le diagramme de la figure 5g est représentatif du
signal B_1 présent à la sortie 151 de l'échantillonneur-bloqueur 139 et celui montré sur la figure 5h représente le signal B_2
30 présent à la sortie 152 de l'échantillonneur-bloqueur 143.

Pendant une période du signal opto-électronique, égale à la période de modulation, les signaux B_1 et B_2 des diagrammes
des figures 5g et 5h ont une valeur constante et on distingue entre deux valeurs successives l'existence d'un transitoire
habituel. La partie $b_{1.1}$ et la partie $b_{2.1}$ correspondent à la
35 montée lente du champ b_1 . L'éclair se produit et c'est l'échantillonnage au moyen de l'échantillonneur 139 qui, dans cet exemple de fonctionnement, est le premier qui est opératoire

après l'éclair : il y correspond la brusque montée verticale montrée en $b_{1.2}$; à l'échantillonnage suivant, par l'échantillonneur 143, la partie $b_{2.2}$ est plus faible.

Si, par suite de la constante de temps de l'amplificateur 133, les valeurs du signal B_1 montrées en $b_{1.3}$ sont ensuite plus faibles que celles qui correspondraient aux valeurs de champ montrées par la ligne p_3 , par contre les valeurs absolues de la partie $b_{2.3}$ sont plus grandes, de sorte qu'après passage dans l'amplificateur différentiel, dont la sortie $U(t)$ est montrée sur le diagramme de la figure 5i, on obtient une partie u_3 de courbe qui est la traduction fidèle du champ p_3 .

Un appareil de mesure fonctionnant avec une période de modulation de 0,5 ms et une constante de temps de l'amplificateur 133 égale à 50 ms permet de mesurer, à l'apparition d'un éclair d'une durée de 50 microsecondes, c'est-à-dire dix fois plus petite que la période de modulation, le champ électrique atmosphérique avec une erreur inférieure à 1% qui s'annule ensuite en 50 millisecondes.

Dans la réalisation selon la figure 7, le signal $U(t)$ est appliqué en outre à l'entrée 161 d'un convertisseur analogique-numérique 162 dont l'entrée de commande de numérisation 163 est reliée à la sortie 164 d'un additionneur 165 dont une entrée 166 est reliée par une liaison 167 au circuit 146 et dont l'autre entrée 168 est reliée par une liaison 169 au circuit 147. Un dispositif 171 interposé sur la liaison 172, reliant la sortie 164 de l'additionneur 165 à l'entrée 163 du dispositif de conversion analogique/numérique, introduit un décalage de quelques millièmes de seconde sur le signal pour que la numérisation s'effectue aux temps convenables. Le signal de commande de la numérisation a été représenté en H_3 sur la figure 5j. La sortie numérisée présente dans le circuit 173 peut être appliquée à l'entrée d'un dispositif d'enregistrement, ainsi d'ailleurs que la sortie présente sur le circuit 157.

L'ensemble du dispositif électronique 174 (figure 1) de traitement des signaux est alimenté par un circuit 175 provenant d'un dispositif d'alimentation qui alimente par le circuit 176 le dispositif capteur 21.

REVENDICATIONS

1.- Capteur de champ électrique, notamment en vue de la mesure du champ électrique atmosphérique, comprenant une électrode de détection fixe et un modulateur rotatif, caractérisé en ce qu'entre l'électrode de détection et le modulateur rotatif est interposé un écran fixe ajouré conducteur de l'électricité et relié à la masse du capteur.

2.- Capteur selon la revendication 1, dans lequel l'électrode de détection et le modulateur sont en forme générale de disque, le modulateur comportant une succession de secteurs pleins séparés par des secteurs ajourés, caractérisé en ce que l'écran interposé entre le modulateur et l'électrode de détection comporte une succession de secteurs pleins et de secteurs ajourés de même configuration respectivement que les secteurs pleins et les secteurs ajourés du disque modulateur et en ce qu'il est d'un plus grand diamètre que le disque modulateur, sa partie périphérique en saillie par rapport au disque modulateur étant pleine.

3.- Capteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le disque modulateur et l'électrode de détection ont le même diamètre.

4.- Appareil capteur de champ électrique comprenant un capteur selon l'une des revendications 1 à 3.

5.- Appareil selon la revendication 4, comprenant un moteur d'entraînement du disque modulateur, caractérisé en ce que le capteur est logé dans une cuvette métallique dont l'orifice est tourné vers le bas et porté au-dessus du sol par des pieds métalliques, le disque de modulation étant le plus près de l'orifice de la cuvette.

6.- Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que la cuvette est surmontée par un boîtier cylindrique contenant le moteur d'entraînement du disque modulateur.

7.- Appareil selon la revendication 6, caractérisé en ce que le boîtier d'entraînement est surmonté par un couvercle contenant un disque denté solidaire du moteur d'entraînement et interposé entre une source de lumière et un récepteur photo-électrique portés par le couvercle et faisant partie d'un dispositif opto-électronique.

8.- Appareil selon la revendication 7, caractérisé en ce que le couvercle est de position angulairement ajustable par rapport au boîtier.

9.- Appareil selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que l'ensemble constitué par la cuvette et le boîtier est protégé par une calotte hémisphérique conductrice dont le bord entoure le bord de la cuvette et qui est reliée à la masse du capteur.

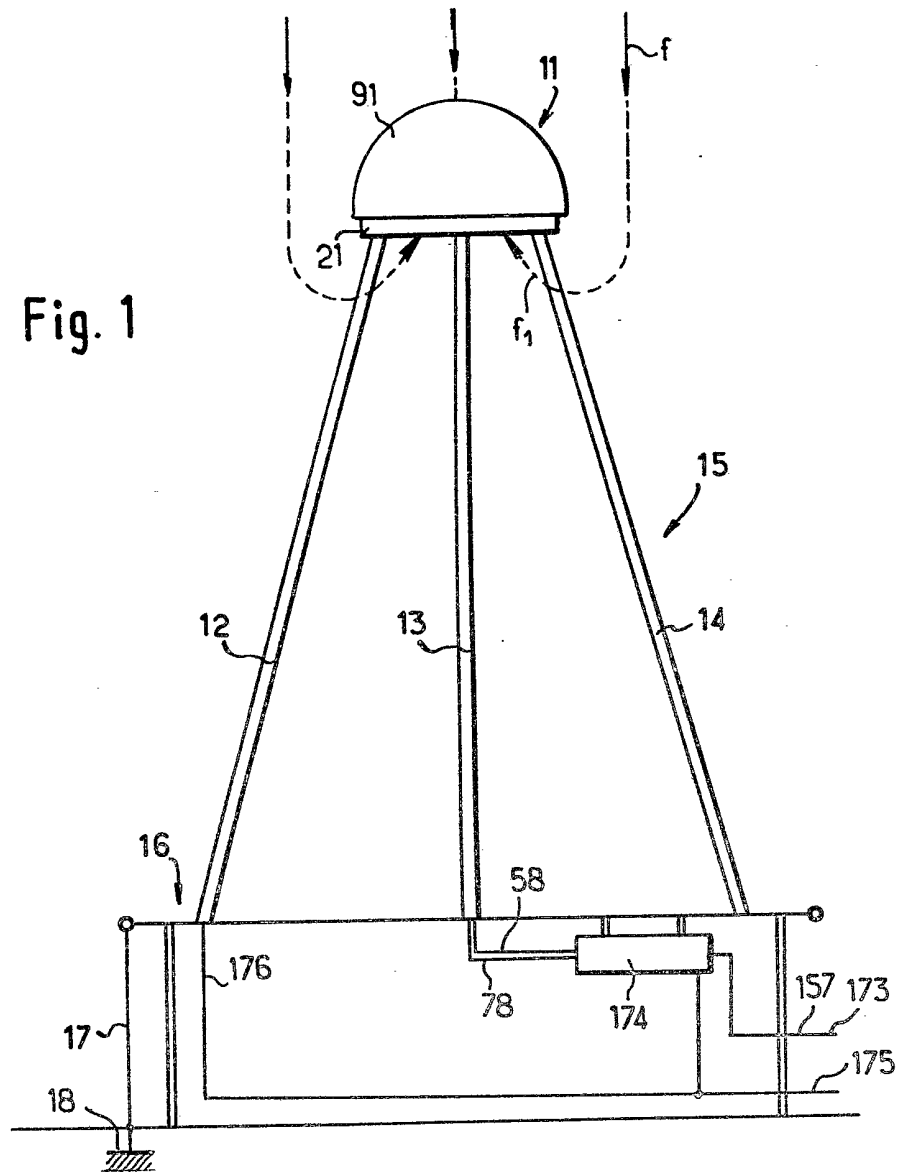
10.- Appareillage de mesure de champ électrique détecté par le capteur selon l'une des revendications 1 à 3, associé à un dispositif opto-électronique à disque denté tournant comme le disque de modulation, et dans lequel l'électrode de détection est reliée à un amplificateur, caractérisé en ce que la sortie de l'amplificateur est reliée à l'entrée de deux portes analogiques montées en parallèle et dont la fermeture est commandée à partir du signal opto-électronique, les sorties de chacune des portes étant respectivement appliquées aux entrées d'un amplificateur différentiel, lequel est suivi par un filtre passe-bas.

11.- Appareillage de mesure de champ électrique détecté par le capteur selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant un dispositif opto-électronique fournissant un signal périodique synchronisé sur la modulation, et dans lequel le signal fourni par le capteur est appliqué à l'entrée d'un amplificateur, ledit appareillage étant caractérisé en ce que la sortie de l'amplificateur est appliquée à deux échantillonneurs-bloqueurs montés en parallèle et commandés successivement, à partir du signal fourni par le dispositif opto-électronique, par des signaux décalés temporellement l'un par rapport à l'autre d'une demi-période de modulation, les sorties de chacun des échantillonneurs-bloqueurs étant respectivement appliquées aux entrées d'un amplificateur différentiel.

12.- Appareillage selon la revendication 11, caractérisé en ce que la sortie de l'amplificateur différentiel est reliée à l'entrée d'un convertisseur analogique/numérique dont le signal de commande de la numérisation est obtenu à partir du signal opto-électronique.

PL.I.5

Fig. 1



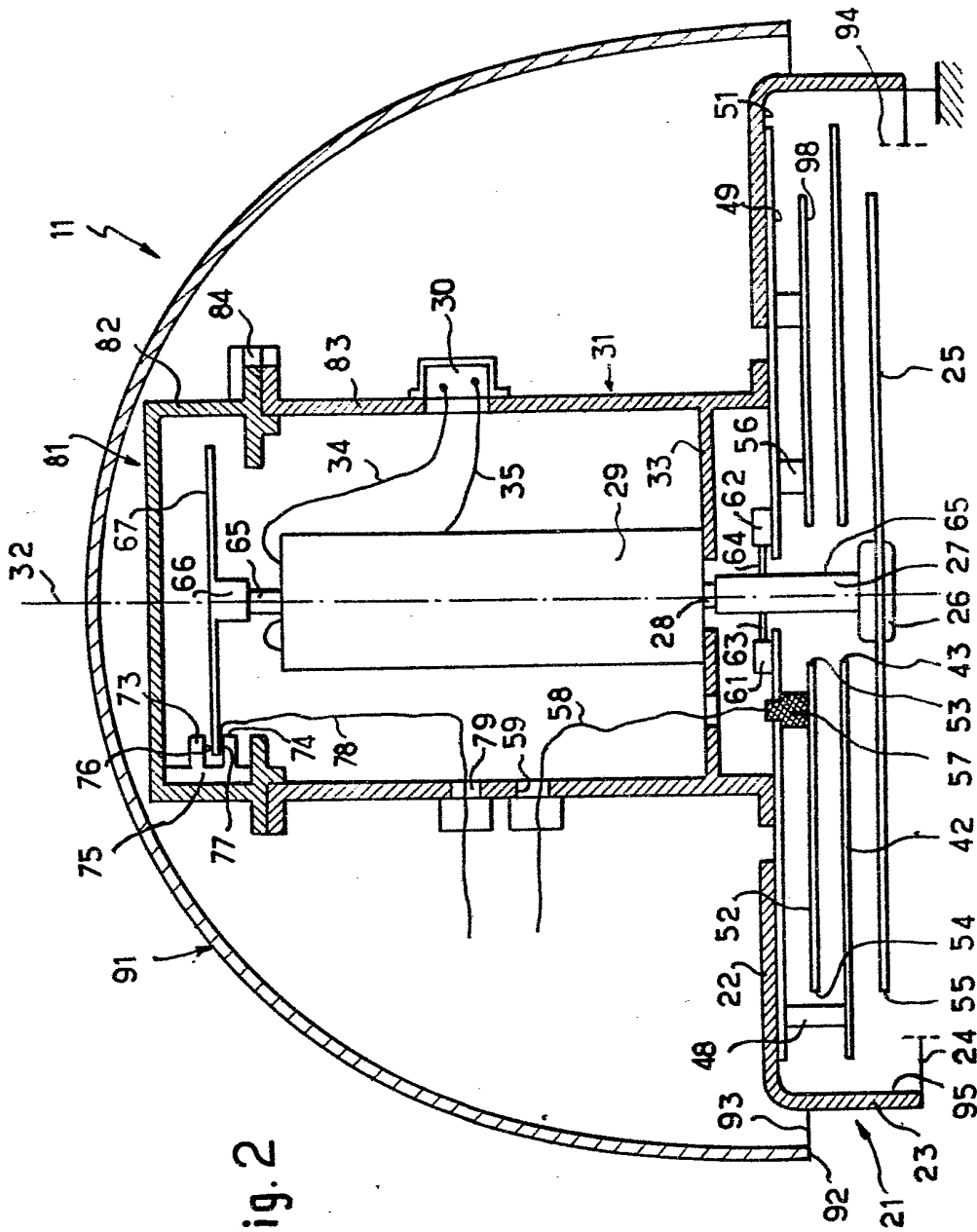


Fig. 2

Handwritten signature

PL.III.5

Fig.4

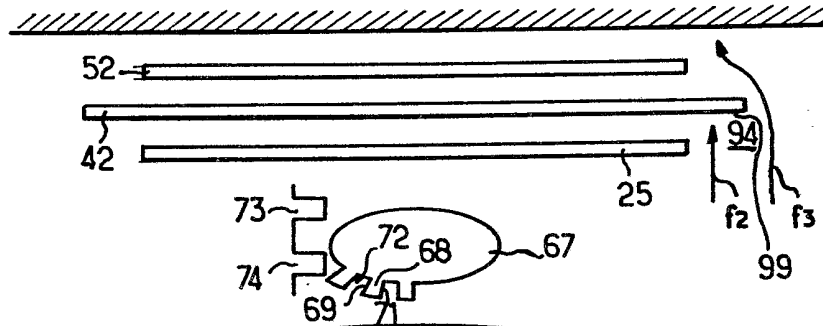


Fig. 3

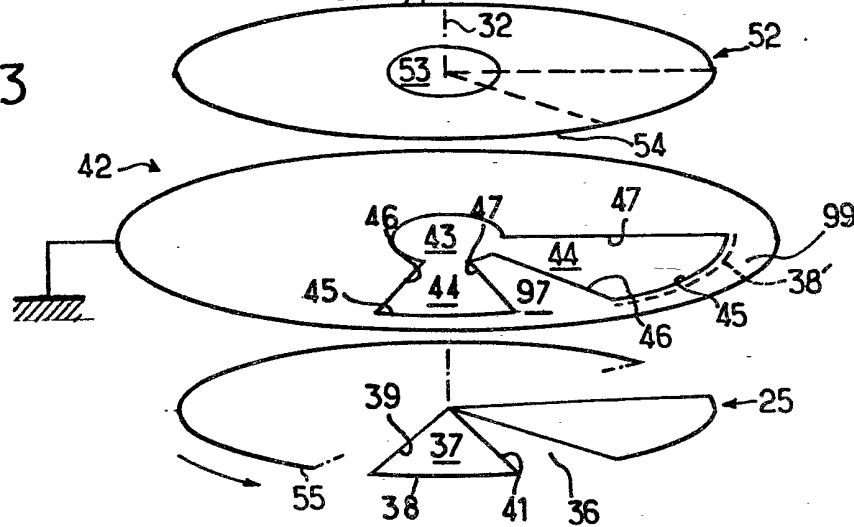
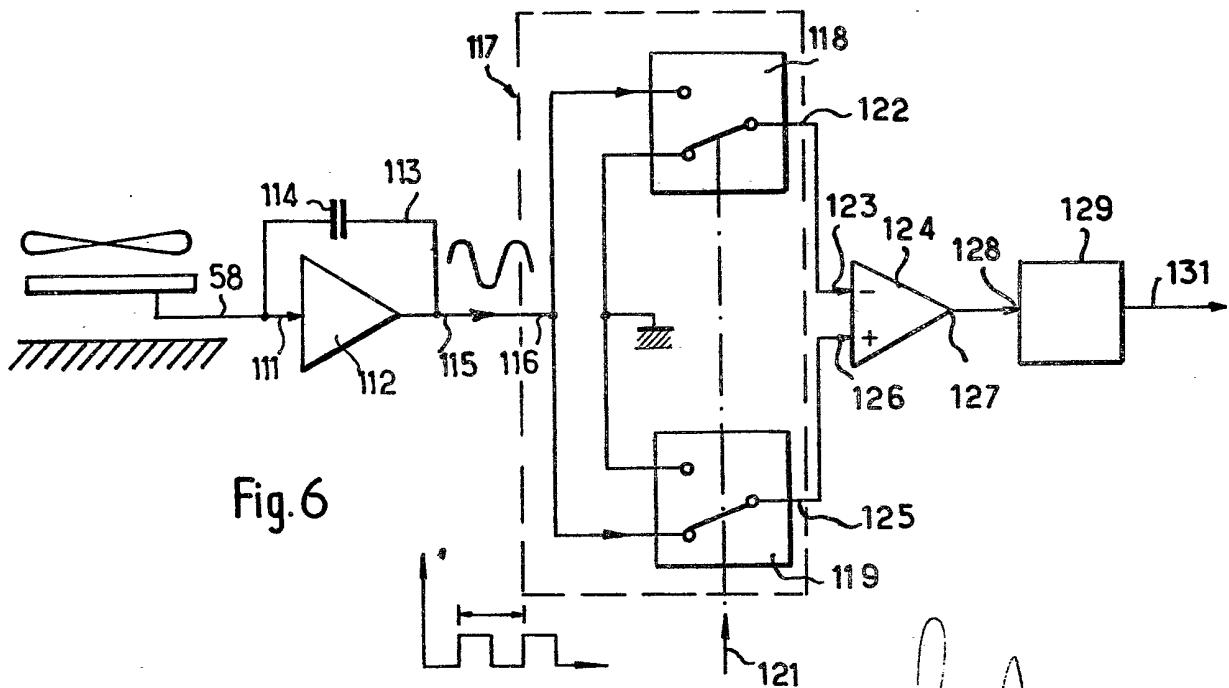
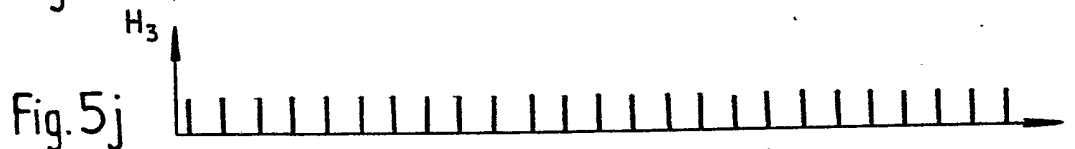
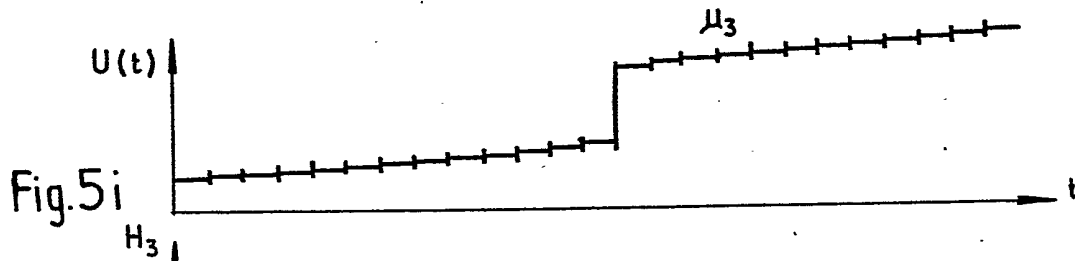
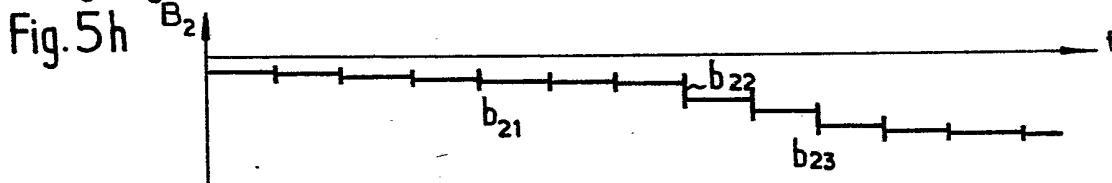
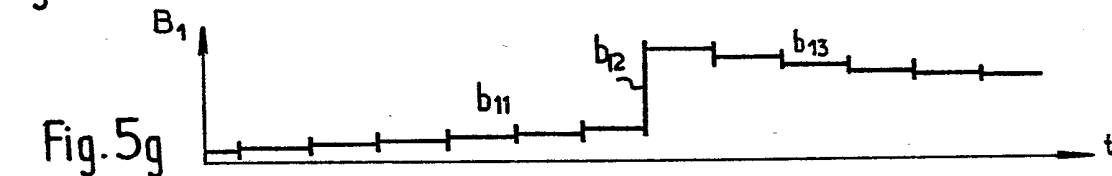
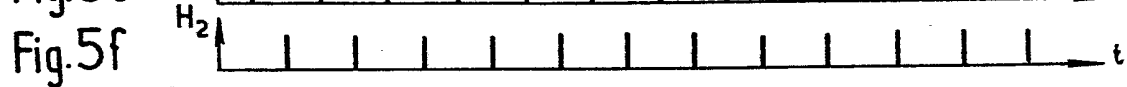
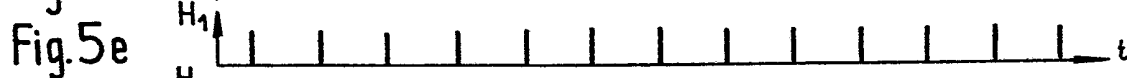
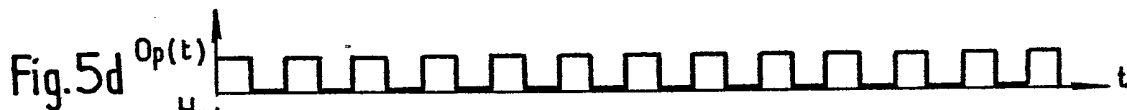
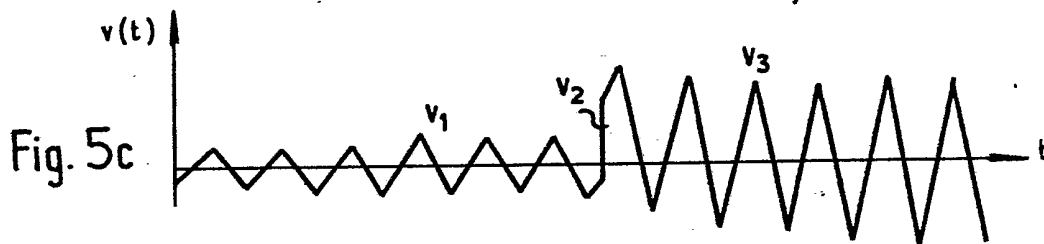
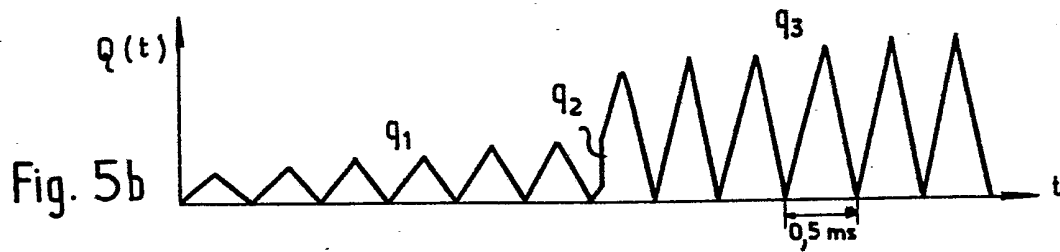
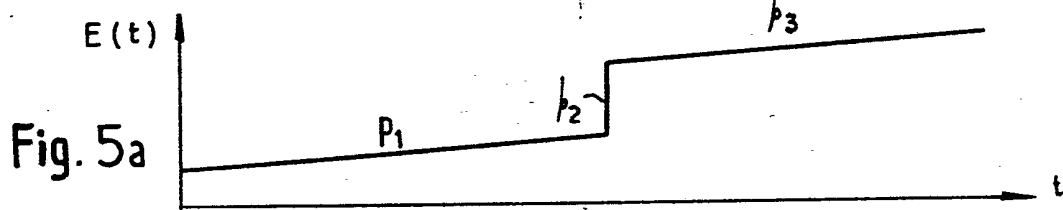


Fig. 6



PL.IV.5



hwp

11

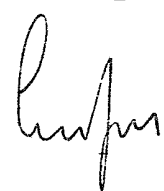


Fig. 7