

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 14911

(54) Ensembles pyranométriques à affichage numérique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 J 5/00.

(22) Date de dépôt..... 31 juillet 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 5 du 4-2-1983.

(71) Déposant : LE CHAPPELLIER Pierre. — FR.

(72) Invention de : Pierre Le Chapellier.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire :

La présente invention se rapporte aux instruments de mesure que l'on nomme des pyranomètres intégrateurs. Ces appareils mesurent le rayonnement solaire global qui éclaire une surface plan réceptrice orientée dans une direction quelconque. S'ils permettent d'effectuer une mesure de l'énergie d'éclairement pour un temps défini, ils permettent aussi une mesure de la puissance moyenne en divisant la quantité d'énergie par le temps écoulé. Le résultat est imprimé ou affiché de manière numérique directement exploitable par l'utilisateur.

Sous le vocable "pyranomètre" on désigne classiquement une sonde sensible à la lumière, sans présumer de la façon dont est traité le signal émis par la sonde. Et parmi les dispositifs photorécepteurs utilisables pour la pyranométrie, on doit distinguer:

1/ Les éléments pyro-électriques (ou thermovoltaïques)

Le flux lumineux y est absorbé par un corps noir qui s'échauffe, et dont la température est mesurée par un ensemble de thermocouples. Ceci nécessite de placer la cellule sous une double coupole en verre quartzique optiquement défini, avec une collierette massive en métal peint en blanc, un système dessiccant, etc... Ces dispositifs sont lourds donc coûteux, sensibles à l'humidité, buée et condensation, et présentent de l'incertitude à faible niveaux de lumière, en raison de l'absorption ou de l'émission de calories parasites liées à la convection et aux radiations à grande longueur d'onde. Enfin leur caractéristique directionnelle possède un écart maximal de l'ordre de +2 à +5 % par rapport à la loi du cosinus.

2/ Les photopiles ou éléments photovoltaïques

Les photopiles dites corrigées que l'on passe au banc d'essai montrent sans peine des reflets variables et donc une caractéristique directionnelle non cosinusoidale. L'erreur qui peut atteindre 40 % réduit son écart si l'on parvient à ajouter à la photopile un diffuseur correcteur. Avec un dispositif d'un encombrement similaire à celui d'un pyranomètre thermovoltaïque, certains spécialistes n'ont pas dépassé une précision géométrique de +5 % d'écart maximal, ce qui est insuffisant pour les besoins des services météorologiques.

3/ Les phototransistors

la réponse des phototransistors n'est pas linéaire

4/ Les photorésistances

la réponse des photorésistances n'est pas linéaire

5 / Les photodiodes

On sait que la photopile est une grande photodiode, mais avec une vraie tenue de la tension aux bornes et un courant d'obscurité assez fort. A l'inverse la photodiode est une petite photopile, avec un courant d'obscurité très faible, et un voltage aux bornes négligeable dès qu'on y dispose une tension extérieure d'ordre plus important. Ainsi c'est le courant qui passe dans une photodiode (montée dans le sens résistant) que l'on mesure, car il est proportionnel à l'intensité énergétique de l'éclairement reçu, quelque soit la force électromotrice présente aux bornes, inférieure toutefois à la tension de claquage de la diode .

Cette caractéristique est fameuse pour intégrer une quantité d'éclairement sous forme d'une charge de condensateur, puisque le courant de charge est proportionnel à l'éclairement. Sa valeur pyranométrique dépend toutefois du suivi de la loi du cosinus et de la compensation de la sensibilité spectrale. Or les photodiodes des sont fournies montées et coulées dans une fenêtre en résine à surface externe plane ou bombée qui fixe un modèle d'erreur directionnelle à corriger. Et malgré des apparences trompeuses l'expérience montre que l'on ne peut guère espérer des photodiodes à surface optique plane, ..., ce qui fait que dans l'art antérieur nul n'avait encore pu présenter de pyranomètre à photodiode !

Pour être utilisable le pyranomètre doit être suivi d'un traitement de données, galvanomètre pour lecture instantanée, traceur de courbes analogiques, intégrateur associé à un enregistreur numérique, ou autre dispositif .

L'invention concerne un pyranomètre à photodiode associé à divers organes de lecture, de conversion, d'intégration et d'enregistrement numérique des données, avec ou sans imprimante horlogée. Elle se présente sous différentes formes de combinaison d'organes. On peut les désigner de la façon suivante :

- Solarimètre instantané : pyranomètre analogique à photocourant couplé à un galvanomètre
- Sonde analogique : tête pyranométrique à photodiode couplée à un convertisseur courant-tension, associable à voltmètre .
- 35 -Solarimètre totaliseur : il s'agit d'une sonde digitale, soit un pyranomètre intégrateur, associé à un compteur numérique de poche.
- Solarimètre à imprimante : il s'agit d'un pyranomètre intégrateur qui somme, moyenne et imprime à chaque séquence d'horloge la densité moyenne d'énergie en éclairement reçue . La lecture sur le

rouleau de papier comme sur l'afficheur instantané peut se visualiser en énergie cumulée, ainsi qu'en puissance moyenne .

Dans ses divers assemblages l'invention est ainsi caractérisée par le fait qu'elle comporte toujours en combinaison avec d'autres éléments une cellule pyranométrique à photocourant, dont le plan de référence est orientable librement, défini par sa normale qui est l'axe de la sonde tubulaire; l'élément photosensible en est une photodiode à surface optique bombée, de type BPX63 associée à un conteneur-diffuseur. Le diffuseur est un disque dans la seconde variante et un carré dans la première variante, et leurs matières constitutives sont différentes. L'orientation en azimuth et en hauteur est effectuée par le jeu d'un dispositif de mise en station, qui recèle aussi la connection du cable de liaison vers l'organe de traitement des données .

Les autres éléments associés à la cellule pyranométrique sont:

- a) pour le solarimètre instantané: un galvanomètre 50 μ A avec inverseur et 2 résistances ajustables pour l'étalonnage météo.
- b) pour la sonde analogique: le convertisseur courant-tension est intégré dans la sonde avec son ajustable d'étalonnage.
- c) pour la sonde digitale: la cellule d'intégration, ou convertisseur photocourant-impulsions, est intégrée dans la sonde, et il est relié par cable à une alimentation régulée + compteur d'impulsions.

Ce compteur se caractérise en ce qu'il utilise une calculatrice ordinaire à cristaux liquides, munie ou non d'une imprimante sur papier ordinaire, à laquelle la fonction de comptabilisateur solarimétrique a été ajoutée par implantation d'un bloc électronique d'interface. Les machines pouvant supporter aisément cette modification peuvent additionner des unités par la simple action sur la touche + ou sur la touche =, le programme ayant été initié en effectuant : - 1 + 1 . Ceci se fait au clavier sur le modèle de poche, et automatiquement sur le modèle à imprimante. Pour ce dernier, l'interface comprend une pendule à quartz, dont la base de temps 2 secondes fournit par division les séquences horaires et décihoraires. L'apparition d'une séquence nouvelle, aussi bien que l'action de remise à zéro commande une série de 18 ordres à la calculatrice dont le fonctionnement est ainsi automatisé .

L'invention considérée se caractérise en annexe par le fait que les sondes solaires, digitales ou analogiques peuvent entrer

sur divers processeurs ou enregistreurs de données du commerce, tandis que les parties compteurs peuvent accepter d'autres sondes, et compter la pluie, le vent, les passages, - un à la fois !

Pourquoi une photodiode à surface optique bombée comme
 5 capteur photosensible? Ceci est du à ce que les photodiodes planes sont à peu près valables de 0° à 60° et directionnellement fausses ensuite, en schématisant. Il n'est guère apparu possible de corriger par un diffuseur d'ensemble un défaut partiel, alors que deux variantes de diffuseur selon l'invention ont permis la correction
 10 de la photodiode bombée, qui elle est continuellement faussée par rapport à la loi du cosinus. La mise au point de ces diffuseurs, carré ancien et rond nouveau, associée à celle des conteneurs allant avec, aura constitué la partie la plus essentielle de la recherche ayant permis d'aboutir à la présente invention.

15 Lors de la première demande de brevet la concernant, en Juillet 1979, le diffuseur mis au point se constituait d'un carré de 6,5 mm de côté en verre-stratifié-polyester-acrylique-stabilisé type Sun-Lite, de Kalwall Corp. USA. Les bordures sont taillées en biseau pour réguler la pénétration latérale de la lumière. Il
 20 est collé sur un siège carré et creux qui fait un relief translucide de 0,5 mm de haut sur le dessus du conteneur. Le creux est tronconique autour de la partie optique de la photodiode. (\varnothing 4,9; \varnothing 4; h 1,2 mm). Avec les spécifications figurant sur le dessin, le résultat au banc d'essai donne un écart maximal de $\pm 6\%$ sur la loi
 25 le suivi de la loi du cosinus, $I = k \cdot \cos \theta$. Ceci du reste avec une imprécision sur l'intégrateur employé à l'époque !

Cette variante à carré taillé, quoique revendiquée, a été délaissée au profit d'un nouveau diffuseur en résine au métacrylate de méthyle de type Mékaprex, en forme de couvercle circulaire à
 30 surface externe plane et polie, et surface interne avec un creux central en calotte sphérique de rayon 6 mm et de profondeur 9. La tranche en est légèrement tronconique de manière à augmenter la force adhésive et l'étanchéité lors du collage sur le support. Il en résulte que cette nouvelle variante est, associée à une colle
 35 durcissant sous l'action de la lumière, pratiquement insensible aux agressions atmosphériques et aux chocs risquant de la faire décoller. Outre cet avantage sur la première variante, la caractéristique directionnelle de la tête pyranométrique ainsi constituée suit à plus ou moins 2% près la loi du cosinus, $I = k \cdot \cos \theta$.

En outre la surface externe plane de diamètre \varnothing 15 mm sert de plan de référence (sur lequel on pose aisément un niveau à bulle rond), lorsque l'on désire contrôler ou accroître la précision du dispositif de mise en station. Le dessin donne les cotes exactes de cette variante de tête pyranométrique, tandis que sur les planches s'exprime graphiquement la qualité du suivi directionnel cosinusoidal pour chacune des deux variantes. L'une ou l'autre s'intègrent dans des montages de sondes:

La sonde "instantanée" ne nécessite aucune électronique sur le circuit imprimé qui figure tout de même à dessein de rabouter et de bloquer à l'arrachage les fils et câble de liaison vers le circuit de réglage du galvanomètre.

La sonde "analogique" recèle couplée à la cellule sensible, un convertisseur courant-tension monté autour d'un ampli.opérationnel Mos-Fet, et muni d'un dispositif d'antiparasitage constitué d'un condensateur de 50 nF environ monté en parallèle sur la résistance ajustable ajustant le taux de conversion, et servant de ce fait à l'étalonnage des sondes.

La sonde "digitale" suivant l'invention recèle couplée à la cellule photosensible un convertisseur courant-fréquence. Ce convertisseur se caractérise en ce que les états haut et bas du voltage aux bornes du condensateur d'intégration sont palpés par une porte Nand-C-Mos et se situent par conséquent à 1/3 et 2/3 de la tension d'alimentation du circuit intégré C Mos type 4011, environ. Il se caractérise en outre par le fait de l'utilisation d'une diode au germanium type OA95 associée à une diode silicium et à une résistance de quelques M Ω afin de compenser la non-linéarité initiale du convertisseur. Il se caractérise aussi par le fait de l'émission finale de signaux carrés à très basse fréquence issus d'un circuit C Mos diviseur type 4040, ce qui s'avère résorber le problème du parasitage sur les câbles de liaison à haute impédance, lequel est manifeste avec des impulsions de courtes durée, lorsque l'on mesure dans un espace à fort bruit électromagnétique. Il se caractérise enfin par l'utilisation d'un condensateur d'intégration 1000 Volts, 22 nF, polyester à feuilles métalliques aluminium, dont le coefficient de température compense en partie la dérive thermique, et dont la dérive annuelle est, dans cette utilisation, négligeable au fil des années.

Dans le sens résistant de la photodiode, le photocourant

circule en chargeant le condensateur . Ce dernier se décharge
brutalement dans le sens passant de la photodiode lorsque l'état
des portes Nand change, suite au palpage d'un niveau haut par les
entrées de la première porte , sur la tension du condensateur .La
5 vitesse de cette décharge est limitée par le courant maximal dis-
ponible i_o en sortie des portes C Mos. La durée de cette déchar-
ge est constante et à peu près égale.à celle de la constante de
temps $t_o = dV_o \times C / i_o$, étant donné que l'on opère entre 1/3 et 2/3
de la tension disponible , soit $dV_o = V_o / 3$. Par ce fait sur la
10 variante ancienne du convertisseur selon l'invention, la courbe
de réponse n'est pas linéaire, puisque ce temps de retour const-
tant s'ajoutant au temps de charge n'est pas compensé. L'écart
maximal suivant essais météo. atteint $\pm 8 \%$ de 10 à 1000 W/m². La
variante nouvelle qui compense le temps de décharge du condensa-
15 teur à l'aide de la diode au germanium dans le sens du photocou-
rant associée à une diode au silicium dans le sens du courant de
décharge, et à une résistance de fuite pour linéariser les bas ni-
veaux en éclairnement, offre un écart meilleur que $\pm 1,5 \%$ de 10 à
1000 Watts/ m² . Dans cette gamme le photocourant varie de 5 à 50
20 500 μA , la chute de tension aux bornes de la diode OA95 variant
de façon fortement non-linéaire. Pour un condensateur qui travail-
le entre 2 et 4 Volts, de 50 à 500 μA , la chute de tension varie de
0,115 à 0,235 Volts, soit 0,12 Volt, ce qui correspond quasiment à
8 % de $dV_o = 1,8$ Volt.

25 La planche III montre la chute de tension aux bornes de
la diode OA95, et montre aussi les écarts de réponse des conver-
tisseurs courant-fréquence compensés et non-compensés suivant l'
invention. Le fait que la diode au germanium soit placée après la
photodiode, et avant le condensateur d'intégration, est caractéris-
30 tique de l'invention, puisque la correction ne s'effectue pas dans
les autres cas . Elle montre aussi le schéma de fonctionnement :

Le courant de charge part de la sortie de la porte IV du
circuit 112, rentre par la cathode et sort par l'anode de la photo-
diode 103, puis, photocourant, il passe dans la diode 108, puis le
35 long des entrées de la porte I de 112, et atteint le condensateur
114, dont l'autre face est reliée aux sorties des portes II et III
ainsi qu'aux entrées de la porte IV de 112 . Avant de passer 108,
une partie du photocourant fuit à travers la résistance 110 vers
39 la masse. Il s'agit d'environ 2 μA , ce qui limite la valeur inférieu-

re du fonctionnement de la sonde à 5 Watts/M², la précision étant obtenue à partir de 10 W/M² en éclairnement. Le courant de décharge, lorsque le niveau des sorties bascule, part de la double sortie des portes II et III, traverse le condensateur, passe devant
 5 les entrées de la porte I, traverse la diode silicium 109, puis la photodiode 103 dans le sens passant, et rejoint enfin le niveau à potentiel nul de la sortie de la porte IV. Quand la tension aux entrées de I atteint $\pm V_0/3$, le dispositif bascule à nouveau dans le sens de charge du condensateur par le photocourant. La brève
 10 impulsion de décharge est prélevée comme niveau bas de IV et transmise à l'entrée d'un circuit diviseur 113, qui en compte 1024 avant de délivrer au cable de sortie 116 une impulsion carrée. Le convertisseur suivant l'invention est protégé des erreurs d'alimentation par une diode 109, et il reçoit un condensateur 115 de
 15 2,2 μ F pour amortir les oscillations de fonctionnement.

Le dispositif de mise en station sur lequel est fixée la sonde se compose d'une cornière aluminium 60x60x6 de 60 mm de largeur associée à une boîte de connections électriques semi-étanche 80x80x30 qui sert de socle support et recoit pour les protéger
 20 les connecteurs male et femelle de la sonde et du cable de liaison. Cette cornière reçoit en face horizontale un niveau à bulle, et son plan est calé horizontal par le jeu de trois écrous moletés qui se vissent sur des tiges solidaires et normales au couvercle de la boîte support. Un effet ressort élastique est fourni par la
 25 souplesse du matériau synthétique de ce couvercle, au centre duquel est disposé un écrou borgne à calotte hémisphérique sur lequel pivote et appuie le plan horizontal de la cornière. Sur la face verticale de la cornière 304, il y a un ensemble de huit trous taraudés dans deux desquels on visse des lyres de fixation 301 des
 30 sondes. L'emplacement géométrique des trous est tel qu'il permet d'assurer précisément le réglage de la hauteur des axes des sondes de 15° en 15°, entre 0° et 90°. Le dispositif de mise en station permet donc de régler aisément l'orientation choisie pour la sonde que le montage soit provisoire, ou bien scellé en place (à l'aide
 35 d'une vis et d'un trou fileté disponible dans le fond de la boîte) et il augmente en sus la protection des connecteurs aux intempéries. La figure 10 planche 4/5 montre ce dispositif simple et précis.

Le compteur de poche selon l'invention est fait d'une cul-
 39 culette à cristaux liquides (ici de type Ibico 066) qui recoit 5

fils d'interface soudés respectivement sur : + Alimentation, - Inter, Inter, [=], [=]. Ces cinq fils en nappe ⁵⁰² sont reliés à un circuit imprimé qui comporte : -une alimentation 6,1 Volts régulés, une alimentation 3 Volts, un monostable d'accueil à portes Nand ⁵²⁰ dont la sortie haute à l'état normal bloque le clavier de la calculette, ⁵⁰¹ et un transistor ⁵²¹ d'interface polarisé et relié aux [=].

Quand une impulsion arrive par le cable de liaison depuis une sonde, le monostable a sa sortie qui passe à l'état bas durant environ 1/10 s. Le transistor NPN en parallèle sur la touche [=] ⁵²¹ et qui a sa base polarisée par un diviseur de tension ⁵¹⁰⁻⁵¹¹ commandé par le niveau de la sortie ^I du monostable, se bloque alors, et la touche [=] se libère cet instant. Dès la fin du monostable le transistor sature, ce qui bloque la touche [=] et bloque par là même le fonctionnement de la calculette, lors de son utilisation en compteur d'impulsions, et ce afin d'éviter l'effet d'un toucher intempestif. Par contre si on coupe au moyen d'un interrupteur ⁵⁰⁴ l'alimentation + 6,1 Volt, le transistor d'interface se bloque, ce qui libère la touche [=] et permet l'utilisation ordinaire de la calculatrice de manière conforme à sa vocation première.

Pour ce compteur comme pour le compteur à imprimante, l'utilisation d'une batterie d'accumulateurs rechargeables de type Cadmium-Nickel, en place d'une batterie de piles 9 Volts, et même en floating, (charge en continu), nécessite seulement de changer la valeur d'une résistance. L'ensemble du dispositif utilise en effet le courant 6 Volt régulé et est donc indépendant de la tension aux bornes de la batterie, entre 8 et 12 Volts.

Le compteur à imprimante comprend 6 parties qui sont :

- une calculatrice à affichage à cristaux liquides et imprimante papier (ici de type Ibico 1030) modifiée à l'aide d'un cable ^{brins} 14V.
- 30 - un ensemble alimentation comprenant une batterie 8,4 à 9 Volts, un régulateur de tension 6,05 Volt à Zéner et darlington ^{(ce dernier} pour limiter la consommation de courant), un Vu-Mètre-Voltmètre en série avec un régulateur de tension 1,5 Volt à diode électroluminescente rouge et condensateur, pour alimenter la pendule.
- 35 -un ensemble horloge qui comprend une pendule à quartz (ici Kienzle mouvement) libérant des impulsions toutes les 2 secondes, qui sont ^{(divisées,} amplifiées en tension par un transistor, puis par une cascade de circuits intégrés diviseurs permettent d'obtenir des impulsions
- 39 de 36 secondes toutes les 360 secondes, ou de 360 secondes toutes

les heures . S'y ajoute un dispositif de remise à zéro manuel, avec un anti-rebonds à constante de temps R-C et transmission par diodes .L'information sort via un inverseur qui permet de sélectionner le régime d'impression des résultats accumulés pendant la période de temps écoulé, et qui est soit horaire, soit décihoraire.

5 -un dispositif d'accueil des impulsions avec inverseur de fonctions solarimètre ou calculatrice, et monostable dito "compteur de poche".

-un dispositif d'interface donneur d'ordres à la calculatrice,

10 qui comprend un oscillateur-base de temps (de période 0,1 seconde environ), dont les impulsions activent successivement les sorties de 2 compteurs lorsqu'elles sont autorisées par l'ensemble horloge. L'état haut de ces sorties commande huit interrupteurs électroniques en relation avec diverses touches du clavier de la calculatrice, lesquelles sont en général multiplexées . Les sorties du registre formé des 2 compteurs montés en série communiquent à la calculatrice les ordres suivants, via fils et interrupteurs désignés ci-après :

Sortie du registre	ordre sous clavier	fils, N°	Interrupteur électronique
20 S0	Non-Print,	14, 13	E0 série avec E1, E2
S1	Non-Print,	1, 11	E0 série avec E1, E2
S2	Print		
S3	" ,	12, 13	E3
S4	"		
S5	"		
S6	"		
S7	" ,	3, 3	E'0
S8	"		
30 S9	(Non-Print inhibite)	15	E2 (voir fig.11 planche 5/5)
	bloqué (valable)	14	
S'0	"		E2
S'1	"		E2
S'2	" ,	2, 12	E2, E'2
35 S'3	"		E2
S'4	" ,	3, 4	E2, E'1
S'5	"		E2
S'6	" ,	2, 13	E2, E'3
S'7	"		E2
40 S'8	" , inhibite		
			ditto S0
(fin de monostable) (Remise à zéro des compteurs 642 V et VI horloge(H/10 ou H/100))			

Les temps morts séparant les temps actifs sont destinés à permettre à la calculatrice ainsi modifiée de réaliser les

45 ordres sans risquer de chevauchement perturbant . Le dispositif d'

interface selon l'invention permet ainsi l'inscription des 2 grandeurs digitales numériques en moins de 2 secondes, ce qui est une durée à peu près négligeable en régime horaire. L'inscription de grandeurs analogiques par addition de 1/10 d'unités par cette
5 méthode, au rythme maximal de 3,5 par seconde, serait trop long. Pour imprimer de telles grandeurs en même temps que le résultat du comptage d'impulsions, comme par exemple la température et l'humidité en même temps que la solarimétrie, le dispositif selon l'invention est complété par un convertisseur analogique digital
10 avec registre à décalage relié aux divers symboles numériques du clavier. Ce dernier point une fois bien établi fera éventuellement l'objet d'un certificat d'addition à la présente demande de brevet.

En utilisation Solarimétrique le temps se repère sur la bande de papier à ce que les jours sont séparés entre eux
15 par une série de zéros représentant les nuits, avec le minuit solaire au milieu de la série.

Le compteur à imprimante selon l'invention peut aussi se nommer enregistreur d'évènements, autonome et à faible consommation. En effet cette dernière varie entre 0,6 mA et 1,5 mA, avec
20 une très brève pointe à 300 mA lors du mouvement d'impression d'un résultat.

Par rapport aux autres dispositifs disponibles sur le marché, il est le seul compromis entre les
25 couteuses imprimantes programmables (qui du reste nécessitent une source sérieuse d'alimentation) et les compteurs d'impulsions sans enregistrement. Les enregistreurs de données sur cassettes ou par central informatique diffèrent essentiellement du procédé suivant l'invention en ce qu'ils ne sont pas directement accessibles à l'utilisateur, qui décèlera donc moins aisément les anomalies de fonctionnement, et devra passer par un système de traitement pour pouvoir utiliser en clair les données recueillies. L'en-
30 rregistrement direct sur rouleau de papier de données intégrées et totalisées numériquement s'avère ainsi beaucoup plus souple et efficace que les autres dispositifs, d'autant qu'il permet au non-
35 spécialiste d'effectuer correctement les mesures, d'en avoir de suite les résultats sans complications informatiques ou autres.

Les différentes planches de dessin décrivent et montrent les étapes et les variantes d'utilisation du procédé selon l'invention

La planche 1/5 est relative au pyranomètre à photodiode munie d'un diffuseur carré taillé .La figure 1 représente une vue en coupe perspective de la cellule sensible ainsi constituée. Le diffuseur 011 est collé sur le siège du conteneur translucide 012, dans lequel est encastrée affleurant au centre du carré diffuseur la photodiode 103 .Celle-ci est guidée et maintenue en place dans le conteneur par un tube 104 à l'intérieur duquel passent les fils de connection. La figure 2 est l'expression graphique en coordonnées polaires du suivi de la loi de caractéristique directionnelle $I = k \cdot \cos \theta$.La courbe 1 idéale est un cercle parfait. La courbe 2 est celle de la photodiode nue non montée qui montre qu'en éclairage rasant ou à incidence faible l'erreur devient considérable et même infinie, alors qu'elle se réduit progressivement et régulièrement lorsque l'incidence croît. La courbe 3 montre la caractéristique directionnelle de la cellule pyranométrique montée suivant la première variante dite "à carré". L'écart maximal atteint + 6% .

La planche 2/5 est relative à la nouvelle variante de pyranomètre à photodiode munie d'un diffuseur circulaire réalisé en une résine acrylique spécialement définie, moulée et polie au tour. La figure 3 représente une vue en coupe perspective de la cellule sensible ainsi constituée. Le diffuseur 101 est encastré-collé à l'aide d'une colle photodurcissante sur le conteneur 102. La photodiode vient au contact ponctuel à l'aide d'un montage similaire à celui de la première variante . La figure 4 est l'expression en coordonnées polaires du suivi de la loi du cosinus. La courbe 1 est le cercle idéal, tandis que la courbe 4 donne la caractéristique directionnelle de la cellule pyranométrique ainsi constituée

Il est clair que l'écart est réduit, et que cette variante avec son + 2% Max. se classe parmi ce qui peut se faire de mieux.

La planche 3/5 se rapporte aux progrès réalisés avec la sonde digitale au niveau du convertisseur courant-impulsions. La courbe 6 de la figure 6 montre la réponse non-linéaire et donc la courbe de la première variante de convertisseur n'ayant pas reçu de correction de redressement. La courbe de réponse 7 indique l'

effet du dispositif de correction suivant l'invention qui permet de transformer une réponse courbe en une réponse droite (à + 1,5% près liés du reste à la somme des précisions des appareils de mesure utilisés)., ceci dans la gamme relative au comptage énergétique de la lumière naturelle. Pour détordre une droite tordue, on applique un effort d'effet égal et opposé à celui de la courbure initiale ce qui rétablit les choses en place . La figure 5 montre la chute de tension qu'occasionne à ses bornes la présence de la diode au germanium OA95 montée en série dans le circuit. Toutes proportions gardées cette courbe à une courbure susceptible de corriger celle de la courbe 6 de la figure 6 ,et c'est bien ce qui se produit en effet lorsqu'elle est montée associée à une diode silicium de retour 108 et à une résistance de fuite 110 dans le circuit de charge du condensateur d'intégration du convertisseur selon l'invention ., ainsi qu'il est visible sur la figure 7 . Cette figure montre le schéma électronique complet du convertisseur photocourant-impulsions associé à la cellule pyranométrique selon l'invention, Elle représente par conséquent le circuit de la "sonde digitale", laquelle émet des impulsions dont chacune correspond à une quantité constante d'énergie en éclairnement, intégration faite des variations d'intensité de la lumière (énergétique) au fil du temps . Ainsi qu'on l'a vu précédemment le photocourant est proportionnel à l'éclairement : $I(W/M^2) = a \cdot i_{(mA)}$ et la charge du condensateur $Q = C \cdot dV_0$ est constante en énergie et égale à $Q = \int_{T_0}^{T_1} i \cdot dt = \int_{T_0}^{T_1} I \cdot dt / a$. Le nombre de coulombs de chaque charge signalée par une impulsion (ou fraction constante d'impulsion) est ainsi rigoureusement proportionnel au nombre de joules par mètre carré ayant éclairé la surface sensible durant le temps $T_1 - T_0$ qui sépare deux impulsions successives: $E = \int_{T_0}^{T_1} I \cdot dt / a \cdot a'$ est la valeur constante de l'impulsion, et la puissance moyenne d'éclairement s'exprime alors par : $P = E / (T_1 - T_0) = \int_{T_0}^{T_1} I \cdot dt / a \cdot a' \cdot (T_1 - T_0)$, avec les coefficients a et a' qui dépendent du système d'unités choisi, ainsi que du taux de conversion de l'intégrateur. Ce dernier est lié à la valeur exacte du condensateur 114, aux seuils de basculement précis du potentiel aux entrées de la porte I du circuit Nand/ C.Mos 112, et enfin au facteur de division du circuit 113 , compte-tenu bien sur du taux de conversion intensité lumineuse / photocourant lié à 101 et 103 .

La planche 4/5 montre sur la figure 8 le schéma électro-

nique complet d'un "Solarimètre de référence "énergétiquement autonome . Il se compose de l'association d'une cellule pyranométrique selon l'invention associé à un galvanomètre 50 μ A dont le cadran quart de cercle est gravé de 0 à 1200 Watt/ M^2 , linéaire .

5 Le couplage s'effectue sur deux échelles 0 à 120 et 0 à 1200 par le jeu d'un inverseur qui dérive une partie du photocourant vers des résistances shunt ajustables . Ceci permet l'étalonnage exact sur les deux gammes par rapport à une lumière de référence . La dérive liée à l'opacification des transparents est négligeable au fil

10 des années, cet appareil n'étant pas destiné à demeurer continuellement en extérieur puisqu'il sert à des mesures instantanées . Sa durée de vie précise hormis les destructions par chocs brutaux est très grande sans nécessiter aucun entretien ni ré-étalonnage . Le galvanomètre classe 1,5 est largement suffisant comme précision,

15 étant donné que la lumière naturelle varie facilement de 5% d'un endroit l'autre, au même instant sur le même lieu . La précision de lecture est bonne et permet d'apprécier une sensibilité égale à 1/2 Watt/Mètre carré, soit 10 lux environ en lumière tungstène.

La figure 9 concerne le schéma d'une sonde "analogique". Il existe en effet dans le commerce de nombreuses sortes d'enregistreur de données analogiques à sortie graphique , numérique sur cassettes ou central informatique et primitivement destinés à l'enregistrement de températures et autres grandeurs variables . En outre la sortie sur Volt-Mètre numérique permet d'obtenir une bien plus grande précision qu'avec les galvanomètres à

25 aiguille (systèmes magnéto-électriques), ce qui peut être requis pour certaines applications. La sonde analogique selon l'invention destinée à ces utilisations se compose ainsi de la cellule pyranométrique selon l'invention, associée à un convertisseur courant-tension . La cellule qui produit le photocourant est représentée par l'association 101-103 , et le convertisseur est monté autour d'un amplificateur opérationnel MOS-Fet qui fonctionne bien en simple alimentation, ici le CA3130P 209. Le photocourant part de la

30 sortie 6 , traverse les résistances 207 et 208, ce qui occasionne une chute de potentiel $dV = R.i$. La masse analogique et la masse commune sont confondues, ce qui fait que le photocourant ayant traversé la photodiode 103 montée dans le sens résistant, se trouve à la masse commune. Si l'on considère que le potentiel aux

35 bornes de 103 est négligeable, alors la tension disponible à la

sortie ϕ est égale à dV par rapport à la masse . Elle est donc rigoureusement proportionnelle au photocourant i et partant, à la puissance de l'éclairement. Le procédé suivant l'invention se caractérise par l'ajout d'un condensateur d'antiparasitage 215
5 d'une valeur de 50 nF environ , sans lequel le dispositif est susceptible en milieu pollué de donner une réponse non-linéaire sinon aberrante. Pour assurer le bon fonctionnement il convient d'y ajouter une résistance 210 de valeur égale à la somme moyenne 207 + 208 ,soit ici 2,2 k .Le condensateur de stabilisation 211,
10 l'ajustable d'offset 212, et le condensateur d'alimentation 213 ainsi montés que montre le schéma sont eux sans activité inventive

La figure 10 représente un ensemble complet de pyranomètre intégrateur à affichage numérique à cristaux liquides selon l'invention. La sonde représentée sur le schéma de la figure 7 est
15 ici vue montée et positionnée à 45° par rapport à l'horizontale , par un choix de mise en place sur le dispositif de mise en station

L'on voit de la sonde: la cellule pyranométrique représentée par le conteneur 102, le tube 123 qui recèle le convertisseur photocourant-impulsions, le presse-étoupe 117 qui laisse pas-
20 sage au câble 116 de sortie, et de liaison avec le dispositif d'alimentation régulée et de comptage des impulsions .

Le dispositif de mise en station comprend les lyres de fixation (de la sonde) 301 munies de vis de fixation fichées dans 2 des trous taraudés présents sur la partie verticale de l'équerre
25 aluminium 304 . Avec le jeu de 8 trous géométriquement disposés , il est possible de régler la hauteur du plan sensible de 15° en 15° ,entre horizontale et verticale, et du côté que l'on veut. Un exemple d'appariement des trous pour obtenir ces inclinaisons est décrit sur la figure. Ce système est beaucoup plus aisé et sûr que
30 ceux des dispositifs classiques qui utilisent une rainure-fente quart de cercle munie ensuite d'une gravure de la valeur des inclinaisons, laquelle présente toujours une imprécision de repérage, et ne fonctionne que dans un sens ,autour d'un seul pivot. La
partie horizontale de l'équerre porte en son milieu, plan sur plan,
35 un niveau à bulle rond et sensible de par la courbure de son vitrage. Trois écrous moletés vissant sur des vis passant à travers la partie horizontale de l'équerre librement et avec jeu, mais solidaires de la boîte-socle 306, assurent la mise à niveau manuel-
39 le en permettant le pivotement de l'équerre autour du sommet d'un

écrou borgne 312 solidaire lui aussi de la boîte 306 . La mise en tension stable de l'équipage par hyperstaticité est assurée grâce à l'élasticité du couvercle de 306 qui travaille en flexion autour de la pression exercée sur 312 .Le couplage vis inox. -écrous

5 moletés laiton s'avère chimiquement à peu près inerte aux agressions atmosphériques . L'intérieur de la boîte 306 sert en outre à abriter du ruissellement les connections (étanches ^{par ailleurs} du ^{cable} 116 et du cable de liaison vers le compteur (non représenté sur le dessin).

10 Le cable 116 atteint le dispositif d'interface par l'intermédiaire d'une embase 504 à trois poles conducteurs. Le pole 1 est le + alimentation issu du régulateur, le pole 2 est relatif aux informations (impulsions), tandis que le pole 3 est la masse. L'alimentation est classiquement stabilisée par diode Zéner et

15 transistor, avec un ajustable de réglage(516,521,518). L'interrupteur 506 en permettant l'alimentation de la sonde et du circuit monostable, fixe le début et la fin du temps de comptage, ainsi que le blocage et le déblocage de l'utilisation ordinaire du clavier de la calculatrice 501 .L'ajustable 512 et les 2 DEL 513

20 forment une stabilisation séparée de l'alimentation sous 3 Volts de la calculatrice, et elle est mise en route par l'interrupteur de celle-ci .L'arrivée d'un état d'impulsion bas sur l'entrée de la porte Nand II de 520 provoque un basculement de la sortie de la porte II, puis à travers le condensateur 517 , de la sortie de la

25 porte I qui porte momentanément la base du transistor 521 au potentiel nul . Celui-ci se bloque alors et libère la touche Ξ .Puis 517 se vide à travers la résistance 515 vers la masse, et après environ 0,15 seconde ,le potentiel à la sortie des portes I et II bascule à nouveau, ce qui sature 521, et bloque la touche Ξ , et par

30 conséquent le clavier de la calculatrice se bloque lui-aussi. A chaque fois que ceci se produit l'affichage incrémente d'une unité . Le nombre total d'unités indique l'énergie d'éclairement par unité de surface ayant illuminé globalement le plan sensible de la sonde pendant la durée du temps de mesure choisi. Ce nombre doit

35 être multiplié par la valeur de l'impulsion émise par la sonde , en unités normalisées pour obtenir l'énergie dans cette même unité La puissance moyenne s'obtient en divisant cette énergie par le temps écoulé. Ces opérations s'effectuent classiquement avec la

39 partie calculatrice de 501 .

Le dispositif d'interface et d'alimentation selon l'invention se caractérise par une très faible consommation énergétique (50 uA pour le compteur, et de 300 à 1500 μ A pour la sonde+interface). Un jeu de piles permet donc de trois à six mois de fonctionnement continu de l'ensemble du pyranomètre intégrateur . En outre l'5 utilisation d'une calculette modifiée permet dans un format de poche aisément transportable, de diminuer notablement les prix de revient pour du matériel réalisé en petite série . Enfin la calculatrice fonctionne en calculatrice, ce qui permet d'effec-10 tuer aisément les calculs de traitement des données.

La figure 11 est la seule de la planche 5/5 . Elle est relative au schéma électronique de fonctionnement du pyranomètre intégrateur à imprimante numérique . Outre la sonde digitale selon l'invention , l'ensemble comprend 6 parties numérotées de ⑤ à ⑩ . 15 ⑤ représente le dispositif d'accueil des impulsions avec inverseur de fonctions 611 , et circuit monostable avec les portes I et II de 643 associées à C3 et R9 .

La partie ⑥ est la base de temps pour interface . Elle utilise 5 portes Nand de 643 , et elle est validée par le signal pro-20 venant de l'inverseur 614 .

La partie ⑦ est le circuit d'interface donneur d'ordres proprement dit . Elle se compose de 2 compteurs 642 V et 642 VI dont les sorties lorsqu'ils sont validés passent successivement à l'état haut, ce qui provoque tour à tour la fermeture des interrup-25 teurs électroniques contenus dans 641 I et dans 641 II .

La partie ⑩ représente sommairement la calculatrice 601 imprimante modifiée par l'ajout d'un cable en nappe 645 à 14 brins

La partie ⑧ est relative au double dispositif d'alimentation à partir d'une batterie au cadmium-nickel 648 . On peut voir 30 d'un côté le stabilisateur de tension ajustable avec diode zéner et darlington fournissant 6,1 Volt . Cette tension baisse notablement lors de l'impression des résultats, soit pendant 2 fois: 1/2 seconde toutes les heures ou 1/10 d'heure, ce qui est sans influence sur le fonctionnement. Le courant moyen débité est de l'ordre 35 de 0,6 à 1,5 mA, avec des pointes susdites à 300 mA . De l'autre côté une stabilisation à environ 1,5 volt régulée à 100 μ A environ destinée à alimenter la pendule à quartz est assurée à travers l'ajustable 618 et le Vu-Mètre indicateur de la tension des piles, 615, par une DEL 616 associée à un condensateur 620 de 470 μ F . 40 Lorsque le moteur pas à pas de la pendule consomme une impulsion de courant le condensateur se décharge légèrement, ce qui augmente

un peu le courant traversant le Vu-Mètre. De la sorte l'aiguille indicatrice de ce dernier oscille légèrement autour d'une position d'équilibre au rythme des secondes qu'elle indique ainsi. La diode elle éclaire très faiblement lorsque le condensateur s'est
5 suffisamment rechargé. Ce dispositif selon l'invention permet d'économiser la consommation de courant d'un Vu-Mètre seul, et permet d'offrir une animation visuelle qui renseigne l'utilisateur sur le bon fonctionnement de la machine.

Enfin la partie ⑨ de la figure montre la partie horloge.
10 Les impulsions de 2 secondes exactes sont prélevées dans la pendule ainsi modifiée, amplifiées en tension par le transistor T3, et divisée par le jeu des 4 circuits diviseurs 642I,II,III, IV, afin de disposer d'impulsions d'une période de 360 secondes ou 3600 secondes aux bornes de l'inverseur 614, qui transmet à la
15 partie ⑤. Un bouton poussoir de remise à zéro des compteurs-diviseurs permet de ré-initialiser le comptage lorsqu'on le désire.

Le compteur à imprimante horlogée selon l'invention se caractérise en ce que le bloc imprimante-comptage des impulsions est assuré par une calculatrice standard du commerce, à faible
20 sommation (ici Ibico 1030), modifiée pour recevoir électroniquement un certain nombre d'ordres assurant son fonctionnement tout à fait automatique. Aucune opération au clavier n'est nécessaire pour l'initialiser; il suffit seulement pour cela d'appuyer sur le bouton de remise à zéro (du comptage du temps). Elle se caractérise aussi en ce que la grandeur variable à enregistrer est totalisée et imprimée doublement à l'issue de chaque séquence d'horloge. La première impression concerne le sous-total pendant la séquence, et la seconde le sous-total depuis l'origine du comptage. La calculatrice et le dispositif d'interface sont à très faible
30 consommation énergétique ce qui permet une autonomie de plus d'un mois en service continu avec les accumulateurs au cadmium-nickel 1,2 Ah nominal utilisés, et permet aussi l'utilisation d'un chargeur solaire à photopiles de 30 à 100 mA nominal garantissant sous nos latitudes le fonctionnement annuel de la machine utilisée sans
35 lien avec le courant du secteur. Enfin la pendule à quartz utilisée a un affichage à aiguilles indépendant du fonctionnement. On peut donc la laisser en temps légal, même si on travaille par exemple en temps solaire vrai, avec de fréquentes remises à zéro.
38

Les différents dispositifs objets de l'invention s'utilisent pour effectuer la lecture numérique et l'enregistrement cumulé des énergies de l'environnement et en particulier de l'énergie solaire . Ces dispositifs comprennent : les deux variantes
5 de cellule pyranométrique selon l'invention, les sondes dans lesquelles on les monte, le dispositif de mise en station associé, et les deux sortes de compteur-alimentation . Il s'y ajoute en annexe et de façon non décrite ici cable de liaison et sonde anémométrique .

10 Les sondes digitales servent à émettre des impulsions totalisables ou signalétiques, dont la fréquence est proportionnelle à l'éclairement global du plan sensible de référence orienté à convenance à l'aide du dispositif de mise en station associé. L'utilisation en mesure se fait par sommation des impulsions, tan-
15 dis que l'utilisation informatique permet par comparaison à des quantités de référence, de déclencher des systèmes (d'ombrage, ou d'arrosage, ou autre) lorsque ces seuils sont atteints ou dépassés. L'utilisation agricole et batiments divers en est ainsi manifeste.

Les sondes analogiques à photocourant sont elles spécifi-
20 quement reliées à un galvanomètre shunté pour utilisation en Solairimètre instantané de référence .

Les sondes analogiques à phototension ont un champ d'utilisation similaire à celui des pyranomètres à thermocouples de l'art antérieur. La tension de sortie dans la gamme 0-1 Volt les
25 rend faciles à utiliser pour lecture ou enregistrement sur les divers dispositifs classiques . Elle ont l'avantage d'être plus petites, plus maniables tous azimuths, et bien moins coûteuses . De plus elles permettent la mesure de lumières extra-faibles par simple modification du taux de conversion photocourant-tension .

30 Les compteurs-alimentation peuvent servir à compter et à enregistrer : le soleil, le vent (vitesses moyennes), la pluie, les passages (de marchandises, de personnes , de véhicules) , les ouvertures de portes (coffres forts), etc.. Il est possible d'associer à une totalisation l'enregistrement de grandeurs variables qua-
35 litatives, en accroissant l'interface. Citons: les températures et l'humidité de l'air, le niveau d'eau en égout, etc..

REVENDEICATIONS

1 . Ensemble pyranométrique à base d'une cellule sensible montée dans une sonde cylindrique et couplée à un dispositif de mise en station ,et associée à un dispositif de lecture ou,d' enregistrement numérique (avec intégration des apports énergétiques éclairant globalement le plan de la cellule sensible . Celle-ci se caractérise par le fait que l'élément photosensible est une photodiode à surface optique bombée placée sous et dans un diffuseur correcteur de matière et de géométrie définie.

2 . Ensemble pyranométrique selon la revendication 1 caractérisé en ce que le diffuseur correcteur est un carré plat en stratifié polyester acrylique de type Sunlite de 0,6 mm d'épaisseur ,de 6,5 mm de côté, avec les bordures taillées en biseau, et collé sur un siège translucide carré sur-élevé de 0,5 mm .

3 . Ensemble pyranométrique selon la revendication 1 caractérisé en ce que le diffuseur correcteur est une lentille moulée puis polie-tournée,plane vers le dehors,creuse de 0,9mm max. avec un rayon de courbure de 6mm vers le dedans ,l'épaisseur totale en étant de 1,2 mm. La matière constitutive en est une résine au méthacrylate de méthyle de type Mékaprex, avec un diamètre maximal de 15,5 mm .

4 . Ensemble pyranométrique selon la revendication 3 caractérisé en ce que le photocourant émis par la cellule sensible est directement utilisé pour mouvoir l'indicateur d'un galvanomètre magnéto-électrique shunté deux gammes. L'ensemble permet la lecture directe de la puissance d'éclairement global autour de la direction de la normale au plan de la cellule sensible .

5 . Ensemble pyranométrique selon la revendication 3 caractérisé en ce que le dispositif de mise en station de la sonde est constitué d'une équerre en aluminium portant un niveau à bulle rond en face horizontale ,cette face étant calable par le jeu de trois écrous moletés vissant sur trois vis inox. solidaires du couvercle en plastique d'une boîte de jonction électrique semi-étanche 80x80x30 mm. Ce couvercle recèle en son centre un écrou borgne autour de la calotte duquel peut pivoter le plan de l'équerre afin d'en assurer la mise à niveau horizontal.

5 . Ensemble pyranométrique selon la revendication 5 caractérisé en ce que l'élasticité du couvercle fait ressort ce qui assure un calage stable car hyperstatique de l'équerre sur la boîte.

5 7. Ensemble pyranométrique selon la revendication 6 caractérisé en ce que la face verticale de l'équerre porte un ensemble géométrique de huit trous taraudés disposés afin de permettre le réglage de la hauteur de la sonde de 15° en 15° au moyen de lyres de fixation .

10 8 . Ensemble pyranométrique selon la revendication 7 caractérisé en ce qu'il est possible de disposer la connection de la queue de sonde et du cable de liaison (vers le dispositif de traitement des données) à l'abri des intempéries, à l'intérieur de la boîte-socle.

15 9 . Ensemble pyranométrique selon la revendication 8 caractérisé en ce que la cellule sensible est suivie d'un convertisseur photocourant-impulsions qui est monté dans la sonde autour d'un circuit intégré C/Mos à 4 portes Nand, et dont la linéarité de réponse a été finalement obtenue en y disposant en série avec la cellule sensible et en un point déterminé, une diode au germanium de type OA95 dans le sens du photocourant, associée à une diode au silicium dans le sens retour, et à une résistance mégohmique de fuite vers la masse.

25 10. Ensemble pyranométrique selon la revendication 9 caractérisé en ce que les impulsions issues du circuit Nand sont obtenues par charge- décharge d'un condensateur 22nF, 1000 Volts, à feuilles d'aluminium et diélectrique polyester.

30 11. Ensemble pyranométrique selon la revendication 10 caractérisé en ce que les impulsions issues du circuit Nand sont divisées par 1024 dans la sonde à l'aide d'un circuit C/Mos. Ceci permet d'obtenir en sortie des caractéristiques impulsions carrées à très basse fréquence douées d'un caractère antiparasite .

35 12. Ensemble pyranométrique selon la revendication 11 caractérisé en ce que les impulsions émises par la sonde sont accueillies par un dispositif de bascule monostable disposée dans le boîtier des compteurs-alimentations, et mis en action par le transfert de niveau haut à bas du signal impulsif.

39 13. Ensemble pyranométrique selon la revendication 12 caractérisé en ce que le compteur d'impulsions est constitué d'une calcullette à cristaux liquides modifiée à l'aide d'une interface

agissant sur les contacts de la touche $\boxed{=}$.

14. Ensemble pyranométrique selon la revendication 13 caractérisé en ce que l'interface passe par un cable 5 brins dont trois servent pour l'alimentation stabilisée 3 Volts, et les deux
5 restant reliés à l'émetteur et au collecteur d'un transistor NPN qui travaille en tout ou rien suivant l'action sur sa base d'un pont diviseur disposé entre la masse et la sortie du monostable .

Ces deux fils sont reliés aux contacts de la touche $\boxed{=}$ ainsi actionnée lorsque la sortie du monostable change de niveau.

10 15. Ensemble pyranométrique selon la revendication 14 caractérisée en ce que la sortie haute normale du monostable sature le transistor d'interface et bloque le clavier de la calculatrice pendant l'utilisation solarimétrique, ce qui évite toute fausse manoeuvre. Par contre lorsque l'alimentation de la sonde et du
15 monostable est coupée, le clavier est entièrement libéré.

16. Ensemble pyranométrique selon la revendication 15 caractérisé par une consommation globale de courant entre 400 et 1500 μ A sous 9 Volts.

17. Ensemble pyranométrique selon la revendication 12 caractérisé en ce que le compteur d'impulsions est constitué d'une
20 calculatrice à cristaux liquides avec imprimante papier ordinaire modifiée à l'aide d'une interface agissant sur les contacts des touches: $\boxed{\text{Non-Print}}$, $\boxed{1}$, $\boxed{=}$, $\boxed{+}$, $\boxed{*}$, $\boxed{M+}$, \boxed{Mr} .

18. Ensemble pyranométrique selon la revendication 17 caractérisé en ce que le clavier est bloqué pendant l'utilisation
25 solarimétrique (ou de tout comptage d'impulsions) , et libéré dès que cesse cette utilisation . Ceci s'effectue par action de fermeture sur les contacts de la touche $\boxed{+}$ du clavier, suivie d'ouvertures (brèves en solarimétrie, continue et libre en calculatrice).

19. Ensemble pyranométrique selon la revendication 18 caractérisé en ce qu'à chaque séquence d'horloge l'impression des
30 totalisations intermédiaire et générale (depuis le début du comptage) sont assurées par une série de 9 ordres séparés par des temps morts plus ou moins longs destinés à éviter tout chevauchement d'informations, l'ensemble s'inscrivant en une série de 18
35 temps d'environ 0,12 seconde chacun .

20. Ensemble pyranométrique selon la revendication 19 caractérisé en ce que l'interface passe par un câble à 14 brins, dont trois vont à la masse, 2 vont au + Alimentation stabilisée 6,1 Volt, 1 va au + de l'embase d'alimentation solaire extérieure 9 à 11 volts, tandis que les 8 autres sont reliés aux sorties d'un ensemble de 8 interrupteurs électroniques C/Mos montés en deux boîtiers, d'un côté, et de l'autre reliés aux contacts multiplexés des touches du clavier.

21. Ensemble pyranométrique selon la revendication 20 caractérisé en ce que l'horloge qui sert à définir les séquences est à base d'une pendule à quartz à aiguilles dont on prélève les impulsions de fréquence 0,5 Hertz pour les compter jusqu'à 360 secondes ou 3600 secondes à l'aide d'un amplificateur de tension suivi de compteurs-diviseurs C/Mos. Il s'ensuit que l'affichage des aiguilles est indépendant du fonctionnement séquentiel et des éventuelles remises à zéro manuelles.

22. Sous-ensemble pyranométrique analogique selon la revendication 8 caractérisé en ce que la cellule sensible est suivie d'un convertisseur photocourant-tension. Ce convertisseur est monté dans la sonde autour d'un circuit intégré Mos.Fet dont l'insensibilité au parasitage a été obtenue en associant en parallèle sur la résistance ajustable du taux de conversion, un condensateur d'environ 50 nF, ainsi qu'en une résistance égale à celle de l'ajustable sur l'entrée non-inverseuse reliée à la masse commune.

Planche
N° 1/5

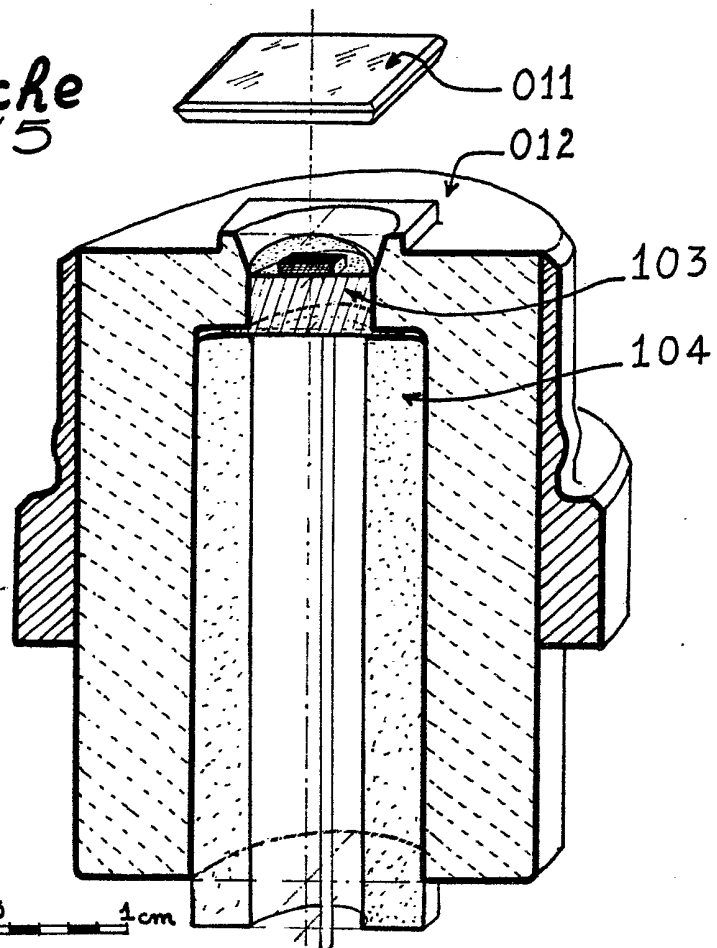


Fig. 1

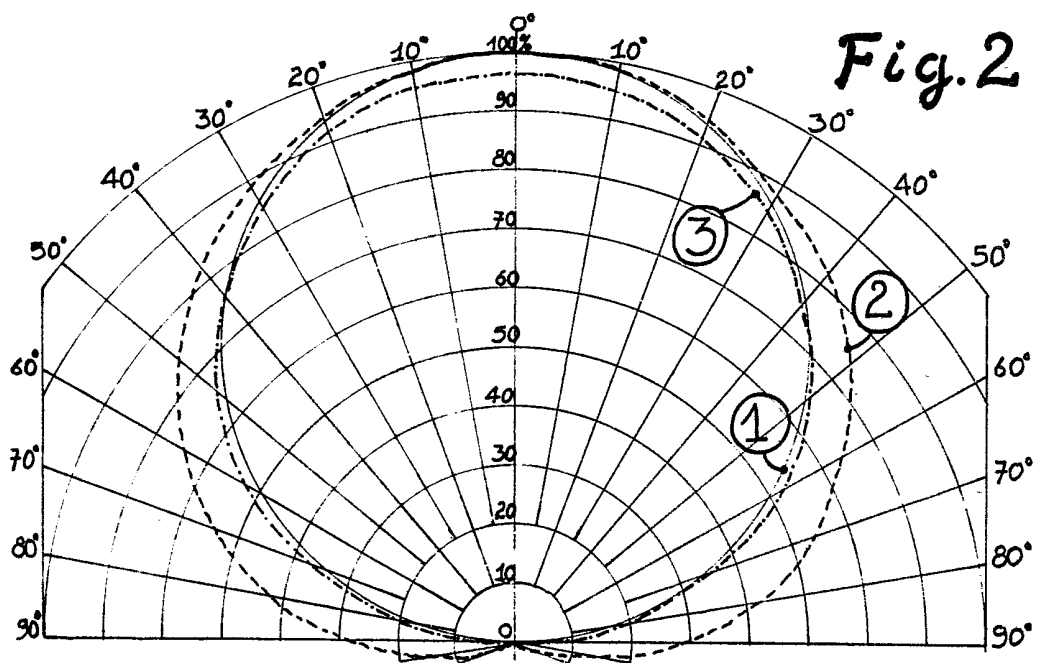


Fig. 2

Planche
N°2/5

Fig. 3

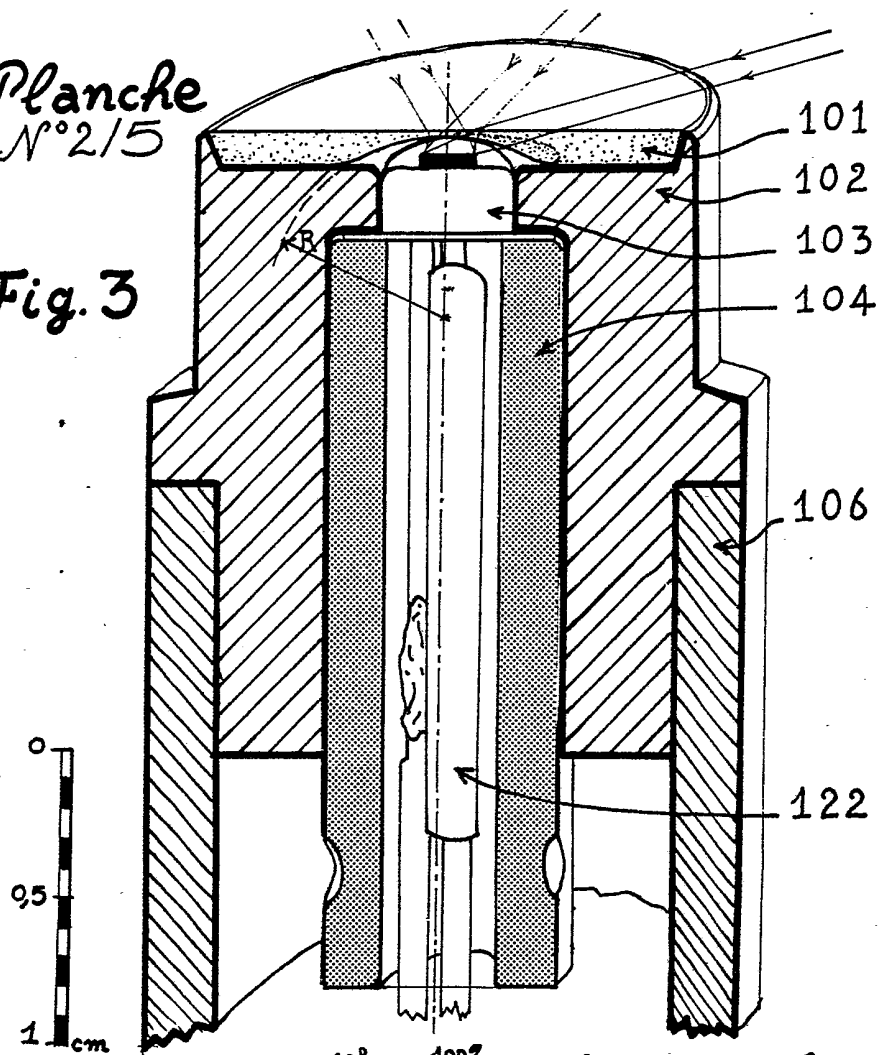


Fig. 4

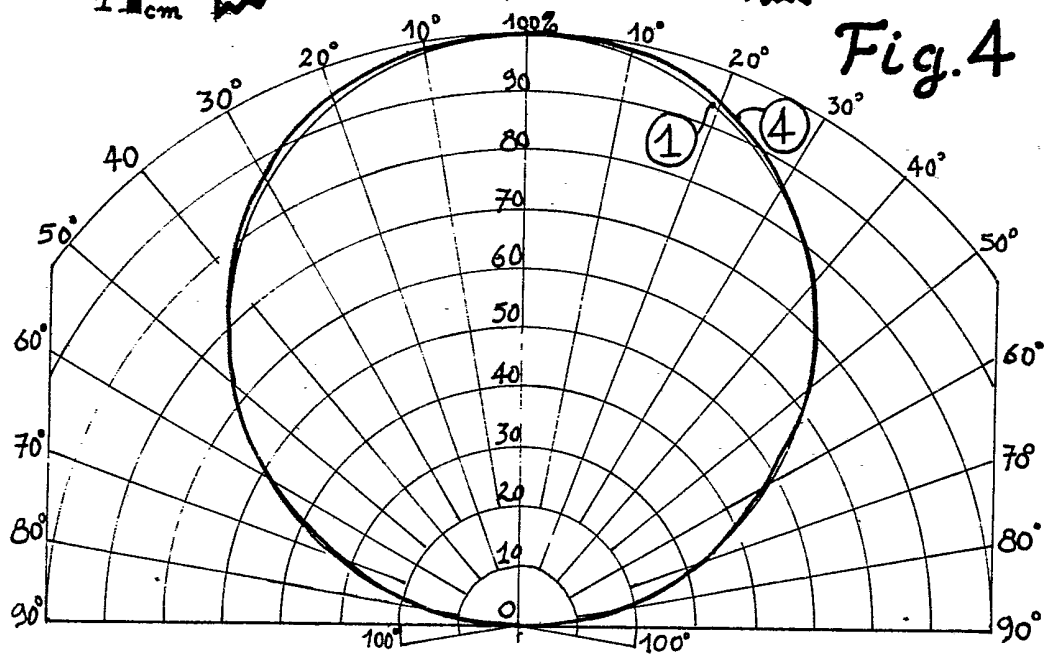


Planche
N°315

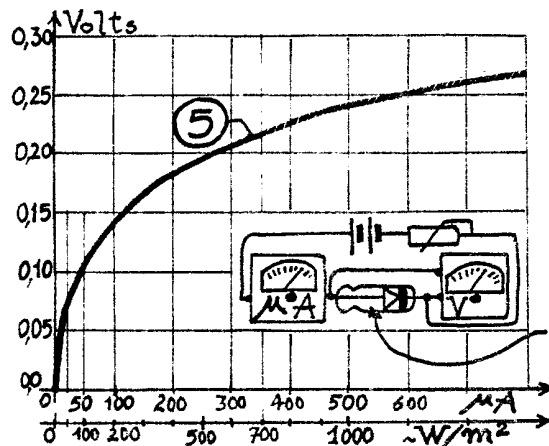


Fig. 5

Fig. 6

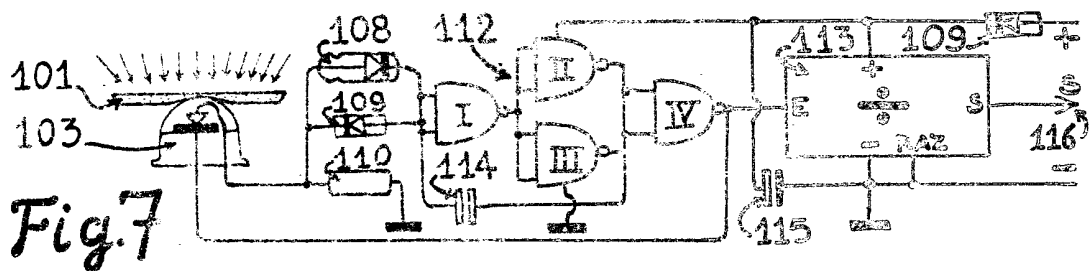
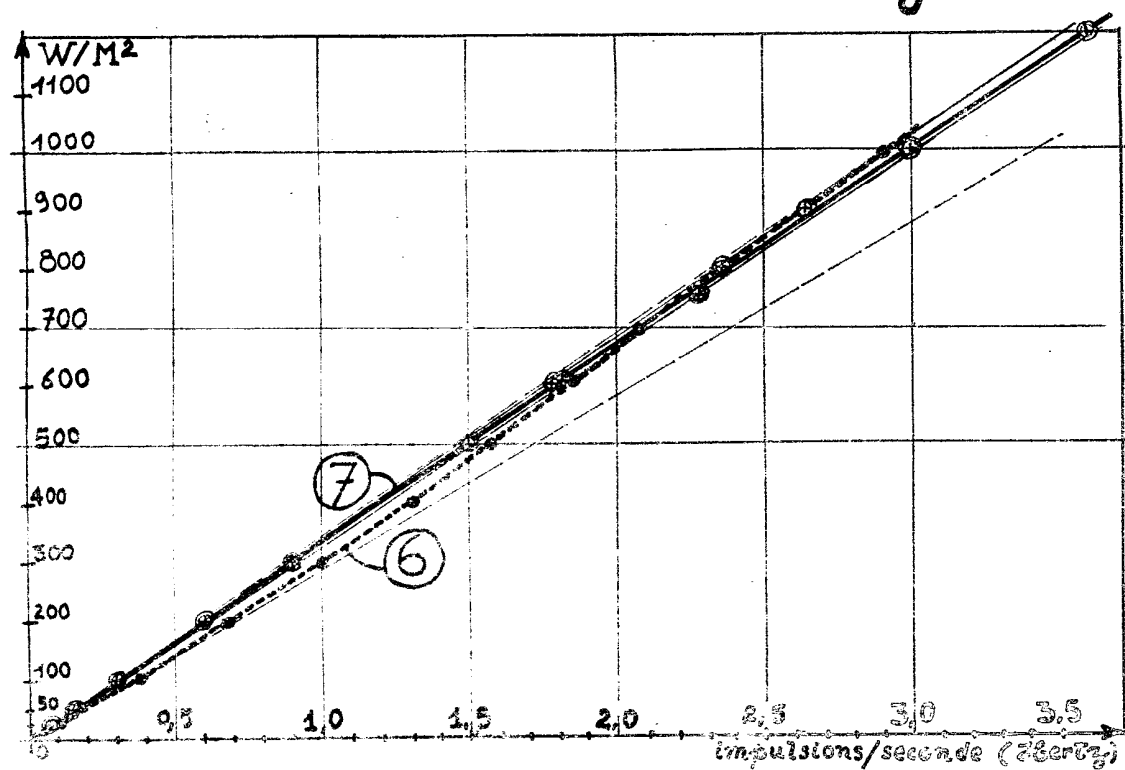


Planche
N°4/5

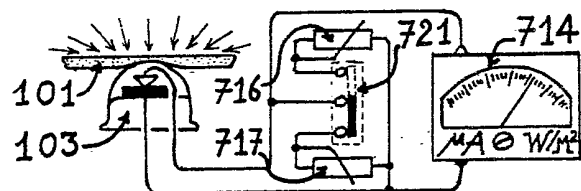


Fig. 8

Fig. 9

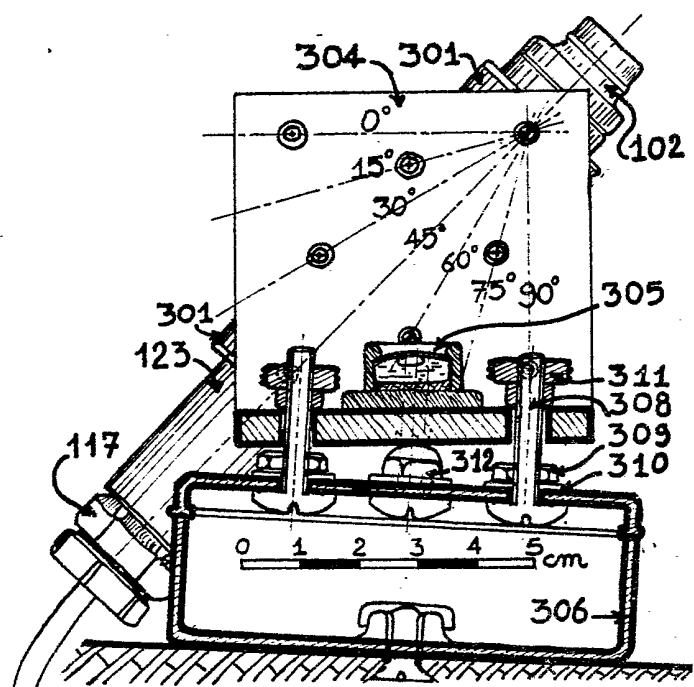
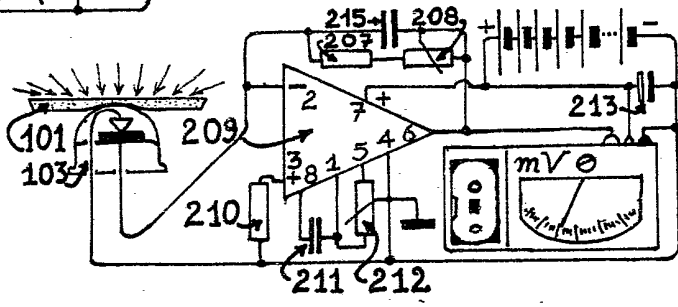


Fig. 10

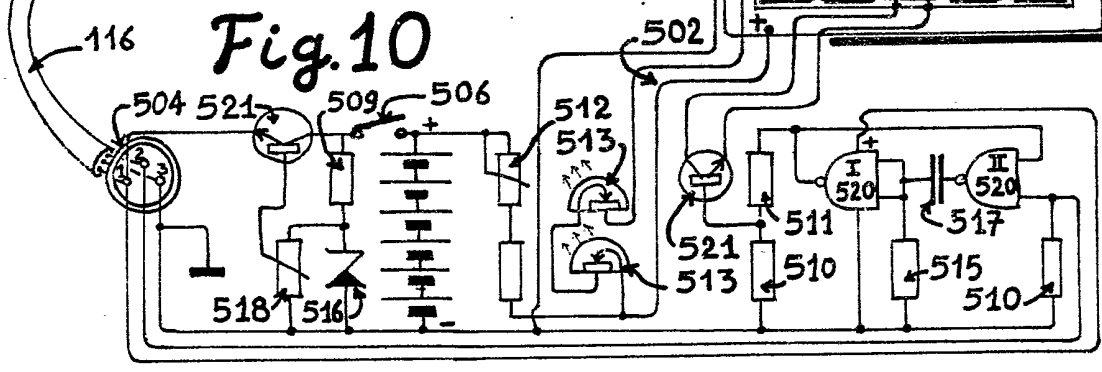


Planche N° 5/5

Fig. 11

