

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/013040 A1

(43) Date de la publication internationale
20 janvier 2022 (20.01.2022)

(51) Classification internationale des brevets :
G01N 33/00 (2006.01) A01G 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2021/068889

(22) Date de dépôt international :
07 juillet 2021 (07.07.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2007385 15 juillet 2020 (15.07.2020) FR
FR2007386 15 juillet 2020 (15.07.2020) FR
FR2007387 15 juillet 2020 (15.07.2020) FR

(71) Déposant : VEGETAL SIGNALS [FR/FR] ; Péniche Mi-
nerve Quai Hubert Prom, 33000 BORDEAUX (FR).

(72) Inventeurs : COCHETEUX, Patrice ; 75 Cours du Mé-
doc, Jardin des millésimes, appt F04, 33300 BORDEAUX
(FR). LE BOURDIEC, Fabian ; 53 Cours Marc Nouaux,
33000 BORDEAUX (FR).

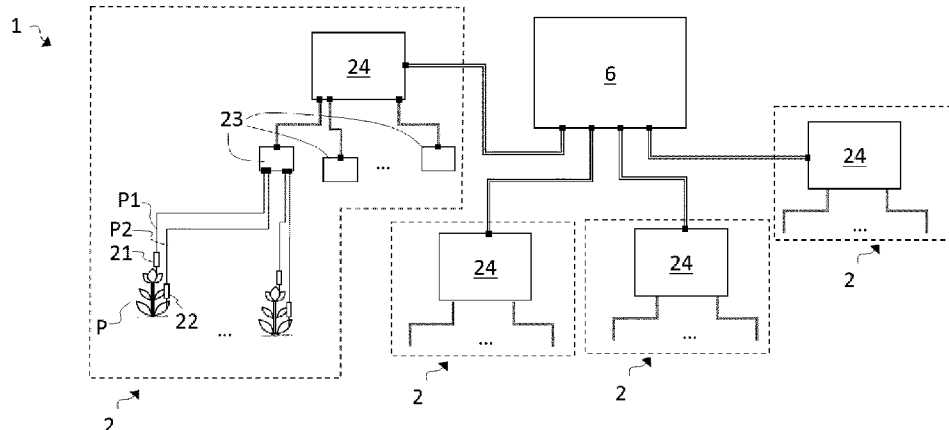
(74) Mandataire : AQUINOV ; Allée de la Forestière, 33750
BEYCHAC ET CAILLAU (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,

(54) Title: SYSTEM FOR ELECTROPHYSIOLOGICAL ANALYSIS OF PLANTS

(54) Titre : SYSTEME D'ANALYSE ELECTRO-PHYSIOLOGIQUE DE PLANTES

[Fig. 1]



(57) Abstract: The invention relates to a system for electrophysiological analysis of plants, characterised in that it comprises: a plurality of acquisition systems, each acquisition system comprising: - a plurality of pairs of electrodes each comprising a first electrode and a second electrode each intended to be connected to the same plant in order to pick up first and second analogue electric potentials, a plurality of operational amplifiers arranged in order to measure the differences in potential between the first and second analogue electric potentials acquired by the first and second electrodes of said acquisition system and a plurality of analogue-to-digital converters designed to convert the differences in potential into digital signals, - a central data collection system comprising a memory and a source of electrical power, characterised in that each acquisition system is connected to the central system and comprises: a connecting unit designed to transmit the digital signals to the central system, a power unit designed to transmit electrical power obtained from the electrical energy source to the operational amplifiers and to the analogue-to-digital converters, each acquisition system being designed to galvanically isolate the operational amplifiers and the analogue-to-digital converters from the power unit and the connecting unit.

(57) Abrégé : L'invention concerne un système d'analyse électro-physiologique de plantes, caractérisé en ce qu'il comporte : Une plu-

SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Publiée:

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

ralité de systèmes d'acquisition, chaque système d'acquisition comportant : une pluralité de paires d'électrodes comportant chacune une première électrode et d'une deuxième électrode destinées à être connectée chacune à une même plante pour capter des premier et deuxième potentiels électriques analogiques; une pluralité d'amplificateurs opérationnels agencés pour mesurer les différences de potentiel entre les premiers et deuxièmes potentiels électriques analogique acquis par les premières et deuxièmes électrodes de ce système d'acquisition et une pluralité de convertisseurs analogique numérique agencés pour convertir lesdites différences de potentiel en des signaux numériques; Un système central de collecte de données comportant une mémoire et une source d'énergie électrique; caractérisé en ce que chaque système d'acquisition est relié au système central et comporte : une unité de raccordement agencée pour transmettre lesdits signaux numériques au système central; une unité de puissance agencée pour transmettre une puissance électrique obtenue de ladite source d'énergie électrique aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogiques numériques; et dans lequel chaque système d'acquisition est agencé pour isoler galvaniquement les amplificateurs opérationnels et les convertisseurs analogique numérique de l'unité de puissance et de l'unité de raccordement.

Description

Titre de l'invention : SYSTEME D'ANALYSE ELECTRO-PHYSIOLOGIQUE DE PLANTES

- [0001] L'invention concerne le domaine de l'analyse électro-physiologique des plantes. Plus précisément, l'invention concerne un système d'analyse électro-physiologique de plusieurs plantes.
- [0002] Il a été observé que les plantes émettent des signaux électriques, notamment sous la forme de potentiels d'action, traduisant son état physiologique. En mesurant ces signaux électriques au moyen d'électrodes et en les analysant, il est ainsi possible de déterminer l'état physiologique d'une plante de façon plus rapide et plus fiable que par des moyens d'observation directe. En outre, en cas de détection d'une situation de stress ou de maladie, il est également possible de proposer, de façon immédiate et automatique, des actions correctives permettant d'y remédier.
- [0003] Toutefois, les systèmes d'analyse électro-physiologique des plantes existants sont conçus pour une utilisation en laboratoire et ne conviennent pas pour un usage agricole. En effet, les systèmes connus reposent, d'une part, sur un système d'acquisition de signaux électriques permettant de numériser ces signaux en vue de leur traitement et d'autre part sur un module de traitement de ces signaux numérisés implémentant notamment des méthodes d'analyses statistiques. Il est donc nécessaire d'acquérir un grand nombre de signaux électriques à partir de plusieurs plantes, de façon simultanée et sur de longues durées. Ce passage à l'échelle d'un champ implique une pluralité de contraintes. En premier lieu, il est nécessaire de déployer une pluralité de points de mesure, notamment plusieurs centaines de points de mesure, sur une grande surface, notamment sur plusieurs milliers de mètres carrés. Il est ainsi nécessaire que l'ensemble de ces points de mesures puisse être déployé facilement et soit conçu de façon simple pour présenter un coût d'installation et d'exploitation réduit.
- [0004] Dans un deuxième temps, il est nécessaire de pouvoir alimenter l'électronique permettant d'acquérir et de numériser les signaux électriques obtenus au niveau de ces points de mesures. Or, cette multiplicité de points de mesures contraint dès lors à employer une multitude de câbles d'alimentation pour alimenter électriquement chacun des dispositifs d'acquisition et de câbles de transmission de données pour permettre la transmission des signaux numérisés vers le module de traitement. Le nombre de câbles ainsi nécessaires nuit à la robustesse du système, à son coût et à sa simplicité d'installation et d'utilisation.
- [0005] Enfin, les signaux électriques émis par les plantes présentent une très faible intensité, de l'ordre du millivolt. Or, l'alimentation électrique fournit à l'électronique d'acquisition et de numérisation est susceptible de perturber, voire d'influencer de façon néfaste cette acquisition et cette numérisation, ce qui pourrait fausser la mesure et les données.
- [0006] La présente invention se place ainsi dans ce contexte et a ainsi pour but de répondre aux besoins cités tout en remédiant aux inconvénients cités.
- [0007] A ces fins, l'invention a pour objet un système d'analyse électro-physiologique de plantes,

caractérisé en ce qu'il comporte :

- a. Une pluralité de systèmes d'acquisition, chaque système d'acquisition comportant :
 - i. une pluralité de paires d'électrodes comportant chacune une première électrode et d'une deuxième électrode destinées à être connectée chacune à une même plante pour capter des premier et deuxième potentiels électriques analogiques;
 - ii. une pluralité d'amplificateurs opérationnels agencés pour mesurer les différences de potentiel entre les premiers et deuxièmes potentiels électriques analogique acquis par les premières et deuxièmes électrodes de ce système d'acquisition et une pluralité de convertisseurs analogique numérique agencés pour convertir lesdites différences de potentiel en des signaux numériques ;
 - b. Un système central de collecte de données comportant une mémoire et une source d'énergie électrique ;
- et en ce que chaque système d'acquisition est relié au système central et comporte :
- c. une unité de raccordement agencée pour transmettre lesdits signaux numériques au système central ;
 - d. une unité de puissance agencée pour transmettre une puissance électrique obtenue de ladite source d'énergie électrique aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogiques numériques ;

et dans lequel chaque système d'acquisition est agencé pour isoler galvaniquement les amplificateurs opérationnels et les convertisseurs analogique numérique de l'unité de puissance et de l'unité de raccordement.

[0008] Selon l'invention, un système central est agencé d'une part pour collecter les données issues des systèmes d'acquisition et pour transmettre une alimentation électrique à chacun de ces systèmes d'acquisition. Cette architecture en étoile, organisée autour de ce système central, permet d'augmenter sensiblement le nombre de points de mesure tout en réduisant le nombre de câbles et de centraliser la source d'énergie électrique. Les points de mesure et l'électronique active de chaque système d'acquisition peuvent alors être conçus et organisés selon la topologie convenant le mieux au champ dans lequel ils doivent être déployés, chaque système d'acquisition garantissant que l'alimentation électrique fournie par le système central soit transmise à cette électronique active tout en évitant de parasiter ou d'influencer les données générées par cette électronique active.

[0009] De préférence, chaque paire d'électrodes peut être connectée à une plante de sorte à mesurer un champ électrique linéaire généré par la superposition des dépolarisations transitoires des membranes des cellules foliaires et/ou par les échanges ioniques au niveau du système racinaire. Par exemple, chacune des première et deuxième électrodes peut être connectée à la tige de la plante pour être en contact avec le phloème ou en variante, l'une des électrodes peut être connectée à la tige de la plante et l'autre des électrodes peut être connectée à un bulbe souterrain de la plante. Si on le souhaite, chaque électrode est une électrode de type aiguille. Ce type d'électrode est particulièrement adapté à un usage

agricole, la connexion d'une électrode de type aiguille à la plante étant plus robuste que celle avec une électrode de type cupule dans un contexte où les plantes sont susceptibles de croître et de subir des contraintes mécaniques, notamment du fait du vent.

- [0010] Si on le souhaite, chaque deuxième électrode d'un système d'acquisition est reliée à un potentiel électrique commun de référence, notamment une masse d'une partie du système d'acquisition, isolé de l'unité de puissance et de l'unité de raccordement.
- [0011] Avantageusement, chaque système d'acquisition comporte une pluralité de terminaux reliés chacun à un groupe de paires d'électrodes de ce système d'acquisition et agencés pour collecter lesdites potentiels électriques analogiques captées par les premières et deuxièmes électrodes de ce groupe, et un relai relié auxdits terminaux de ce système d'acquisition et au système central, ce relai comportant ladite unité de raccordement et ladite unité de puissance. Le cas échéant, les amplificateurs opérationnels et les convertisseurs analogique numérique de chaque système d'acquisition sont prévus dans le relai et/ou dans les terminaux de ce système d'acquisition, et le relai de chaque système d'acquisition est agencé pour isoler galvaniquement ces amplificateurs opérationnels et ces convertisseurs analogique numérique de ce système d'acquisition de son unité de puissance et de son unité de raccordement. Dans ce mode de réalisation, chaque système d'acquisition présente ainsi une topologie en arbre, dont la racine est formée par le relai et dont les branches s'étendent jusqu'au paires d'électrodes. Pour chaque système d'acquisition, on pourra prévoir indifféremment que les terminaux soient reliés directement au relai, l'arbre présentant dans ce cas seulement deux niveaux, ou au contraire que les terminaux soient reliés par des extenseurs, afin d'atteindre des points de mesure plus éloignés, ou par des concentrateurs ou des hubs, afin de démultiplier le nombre de terminaux, l'arbre pouvant dans ce cas présenter plus de deux niveaux.
- [0012] De préférence, chaque deuxième électrode de chaque système d'acquisition est reliée à un potentiel électrique commun de référence, notamment une masse du relai de ce système d'acquisition, isolée de l'unité de puissance et de l'unité de raccordement de ce relai.
- [0013] Si on le souhaite, chaque première électrode est associée à un filtre agencé pour filtrer le premier potentiel électrique analogique capté par cette première électrode. Le ou chacun des filtres pourra comporter un filtre de lissage analogique et/ou un filtre de protection contre les décharges électrostatiques.
- [0014] Dans un mode de réalisation de l'invention, chaque terminal de chaque système d'acquisition est agencé pour transmettre les potentiels électriques analogiques qu'il collecte vers le relai de ce système d'acquisition. Le cas échéant, le relai de chaque système d'acquisition comporte une pluralité d'étages d'acquisition chacun relié au moins à l'un des terminaux de ce système d'acquisition pour recevoir lesdits potentiels électriques analogiques collectés et comportant au moins un amplificateur opérationnel et un convertisseur analogique numérique pour mesurer lesdites différences de potentiel et convertir lesdites différences de potentiel en lesdits signaux numériques, chaque étage d'acquisition étant relié à l'unité de

raccordement et l'unité de puissance en étant isolé galvaniquement de cette unité de puissance et de son unité de raccordement. Dans ce mode de réalisation, les terminaux peuvent être formés par des borniers auxquels sont reliés les paires d'électrodes, l'électronique active de chaque système d'acquisition étant embarquée dans le relai de ce système d'acquisition. On optimise ainsi le coût des points de mesure. On pourra prévoir que chaque étage d'acquisition d'un relai soit relié à un ou plusieurs terminaux.

- [0015] De préférence, chaque deuxième électrode de chaque système d'acquisition est reliée à un potentiel électrique commun de référence, notamment une masse, d'un étage d'acquisition du relai de ce système d'acquisition auquel est reliée cette deuxième électrode.
- [0016] On pourra prévoir que chaque étage d'acquisition comporte un convertisseur analogique numérique multivoies comportant une pluralité d'amplificateurs opérationnels et une pluralité de convertisseurs analogiques numériques élémentaire, chaque amplificateur opérationnel étant destiné à recevoir les potentiels électriques analogiques acquis par une paire d'électrodes d'un des groupes d'électrodes et étant agencé pour mesurer la différence de potentiel entre ces potentiels électriques analogiques et chaque convertisseur analogique numérique élémentaire étant agencé pour convertir l'une de ces différences de potentiel en un signal numérique. Par exemple, chaque convertisseur analogique numérique élémentaire pour être un convertisseur analogique numérique élémentaire delta-sigma relié à la sortie de l'un des amplificateurs opérationnels. On entend par liaison entre la sortie d'un amplificateur opérationnel et un convertisseur analogique numérique élémentaire delta-sigma aussi bien une liaison simple entre un amplificateur à sortie simple et le convertisseur sur lequel transite le signal amplifié par l'amplificateur qu'une liaison double entre un amplificateur à sortie différentielle et le convertisseur où le signal amplifié est obtenu par la différence entre les signaux transitant sur chacune des lignes de la liaison double.
- [0017] Par exemple, chaque amplificateur opérationnel pourra être un amplificateur à gain programmable (également appelé PGA de l'anglais Programmable Gain Amplifier) de type faible bruit. Le cas échéant, chaque amplificateur opérationnel pourra être agencé pour présenter un gain d'au maximum 24 et pour introduire un bruit dont le niveau moyen est inférieur à 5 μV et notamment sensiblement de 0,1 μV dans le cas d'un amplificateur de gain de 24. Avantageusement, chaque convertisseur analogique numérique élémentaire delta-sigma est agencé pour présenter un taux d'échantillonnage supérieur à 50 SPS (sample per second) ou de 50 Hz, voir supérieur à 250 SPS ou 250 Hz, et pour convertir un signal reçu en entrée en un signal numérique codé sur 24 bits. Le cas échéant, l'ensemble unitaire formé par un amplificateur opérationnel et un convertisseur analogique numérique élémentaire delta-sigma est agencé pour présenter un nombre de bits effectifs (également appelé ENOB, de l'anglais Effective Number Of Bits) d'au moins 16, et notamment d'au moins 19 pour un gain de l'amplificateur de 24 et pour un taux d'échantillonnage de 250 SPS. Cette combinaison est particulièrement adaptée pour l'analyse électro-physiologique des plantes dans la mesure où les différences de potentiel électrique issues des amplificateurs opérationnels

sont des signaux analogiques de faible amplitude (de l'ordre du microvolt) qui peuvent être amplifiés par l'amplificateur en introduisant peu de bruit et de distorsion, grâce à un faible gain, et qui pourtant être convertis par le convertisseur en des signaux numériques avec une haute résolution (de l'ordre du nanovolt).

[0018] Avantageusement, chaque étage d'acquisition du relai de chaque système d'acquisition est relié à une pluralité de terminaux de ce système d'acquisition pour recevoir lesdits potentiels électriques analogiques collectés par ces terminaux, ledit étage comportant un multiplexeur agencé pour multiplexer lesdits premiers potentiels électriques analogiques collectés par lesdits terminaux. Le cas échéant, le multiplexeur de chaque étage d'acquisition est agencé pour transmettre les premiers potentiels électriques analogiques multiplexés vers le convertisseur analogique numérique multivoies. L'utilisation d'un multiplexeur permet d'accroître le nombre de terminaux gérés par un même relai, et donc de démultiplier le nombre de points de mesure.

[0019] Dans un autre mode de réalisation de l'invention, chaque terminal de chaque système d'acquisition comporte au moins un amplificateur opérationnel pour mesurer lesdites différences de potentiel entre les potentiels électriques analogiques qu'il collecte et pour transmettre ces différences de potentiel vers le relai de ce système d'acquisition. Le cas échéant, le relai de chaque système d'acquisition comporte une pluralité d'étages d'acquisition chacun relié au moins à l'un des terminaux de ce système d'acquisition pour recevoir lesdites différences de potentiels électriques analogiques, chaque étage d'acquisition étant relié à l'unité de raccordement et l'unité de puissance en étant isolé galvaniquement de cette unité de puissance et de son unité de raccordement. On pourra prévoir que les convertisseurs analogique numérique soient agencés dans les terminaux, ou soient embarqués dans les relais. Dans ce mode de réalisation, bien que le coût des points de mesure augmente, on s'assure que la mesure et l'amplification des différences de potentiels électriques soient réalisées au plus proche des plantes, de sorte que les pertes induites par la transmission par câble de ces différences de potentiels électriques, depuis les terminaux vers les relais, soient négligeables et n'influencent pas les données transmises ensuite au système central. De même, il est ainsi possible de rendre négligeable un bruit qui se propagerait sur l'un de ces câbles, tel qu'une fuite de courant ou un bruit répercuté depuis un autre câble.

[0020] De préférence, l'unité de raccordement comporte un microcontrôleur agencé pour sérialiser les signaux numériques convertis par les convertisseurs analogique numérique et transmis par chacun des étages d'acquisition à l'unité de raccordement en un unique signal numérique et pour transmettre cet unique signal numérique au système central. Grâce à ce microcontrôleur, on peut transmettre les données issues des convertisseurs analogique numérique de chaque relai au système central par un seul et même câble. En variante, on pourrait remplacer ce microcontrôleur par un circuit intégré agencé pour réaliser cette sérialisation, notamment par un FPGA.

[0021] Dans un mode de réalisation de l'invention, le système central est relié à chaque système

d'acquisition par un réseau de transmission de données, le système central étant agencé pour transmettre à chaque système d'acquisition des signaux contenant une puissance électrique, notamment générée par la source d'énergie électrique, via le réseau de transmission de données. Le cas échéant, l'unité de raccordement de chaque système d'acquisition est agencée pour transmettre lesdits signaux numériques au système central via ledit réseau de transmission de données, et l'unité de puissance de chaque système d'acquisition est agencée pour extraire ladite puissance électrique depuis les signaux reçus du système central via le réseau de transmission de donnée et pour transmettre ladite puissance électrique extraite aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogiques numériques. Le cas échéant, l'unité de raccordement et l'unité de puissance peuvent former une même unité de raccordement au réseau de transmission de données. Grâce à ces caractéristiques, il est possible de mutualiser au sein d'un même câble, reliant un système d'acquisition au système central, les fonctions d'alimentation électrique et de transmission de données. Dès lors, le nombre de câbles nécessaires à l'exploitation du système d'analyse peut être réduit, ce qui simplifie l'installation et l'utilisation de ce système tout en augmentant sa robustesse, notamment en diminuant le nombre de connecteurs nécessaires.

[0022] Avantageusement, l'unité de raccordement au réseau de chaque système d'acquisition comporte un connecteur pour être reliée au système central par un câble dudit réseau de transmission de données, par exemple de type Ethernet, implémentant une fonctionnalité de transmission de puissance électrique, par exemple de type POE (de l'anglais Power Over Ethernet), et notamment apte à délivrer une puissance électrique d'au moins 10 Watts. Un tel câble de ce type de réseau de transmission de données comporte au moins deux fils, par exemple quatre paires de fils torsadées dans le cas d'un câble Ethernet de type RJ-45, les données transitant par au moins l'un des fils, notamment par au moins deux fils, les données étant transmises par la différence de potentiels sur les deux fils, et la puissance électrique par au moins deux fils, notamment par au moins deux paires de fils, l'une des paires fournissant un pôle négatif pour ladite puissance électrique et l'autre des paires fournissant un pôle positif pour ladite puissance électrique. Dans un exemple, la paire de fils transmettant les données peut être l'une des paires de fils transmettant l'un des pôles pour ladite puissance électrique. En variante, la paire de fils transmettant les données peut être une paire de fils distincte des paires de fils transmettant les pôles pour ladite puissance électrique.

[0023] Dans un mode de réalisation de l'invention, l'unité de raccordement au réseau de chaque système d'acquisition comporte un diviseur comprenant au moins deux transformateurs agencés pour émettre et/ou recevoir des signaux du réseau de transmission de données, le diviseur étant agencé pour extraire ladite puissance électrique depuis lesdits transformateurs. Il peut par exemple s'agir de transformateurs d'isolement. Le cas échéant, l'un des transformateurs peut être destinée à une liaison montante pour transmettre des données issues du système central vers l'unité de raccordement au réseau, l'enroulement primaire

de ce transformateur étant destiné à être connecté à l'un des fils, par exemple à une paire torsadée de fils, du câble du réseau de transmission de données. L'autre des transformateurs peut être destinée à une liaison descendante pour transmettre le ou les signaux numériques générés par le système d'acquisition vers le système central, l'enroulement secondaire de ce transformateur étant destiné à être connecté à un autre des fils, par exemple à une autre paire torsadée de fils, du câble du réseau de transmission de données. Avantageusement, l'unité de raccordement au réseau est agencée pour extraire la puissance électrique depuis l'enroulement primaire du transformateur montant et depuis l'enroulement secondaire du transformateur descendant.

- [0024] Avantageusement, l'unité de raccordement au réseau de chaque système d'acquisition comporte une interface de conversion analogique/numérique et de modulation/démodulation du ou des signaux numériques générés par le système d'acquisition et des signaux reçus du système central. Ladite interface peut être agencée entre le diviseur et les convertisseurs analogique numérique. On entend par modulation d'un signal numérique la transposition de ce signal numérique sur un signal de type porteuse pour transporter l'information de ce signal numérique.
- [0025] Selon un exemple de réalisation de l'invention, l'unité de raccordement de chaque système d'acquisition comporte un coupleur agencé pour transmettre les signaux numériques convertis par les convertisseurs analogique numérique de ce système d'acquisition à l'unité de raccordement, le coupleur étant agencé pour isoler galvaniquement ces convertisseurs analogique numérique de l'unité de raccordement. Par exemple, le coupleur peut être un optocoupleur.
- [0026] De façon alternative ou cumulative, chaque système d'acquisition comprend deux batteries électriques rechargeables et un système de commutation relié auxdites batteries électriques, à l'unité de puissance, aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique de ce système d'acquisition, l'unité de puissance de ce système d'acquisition comprenant une unité de contrôle dudit système de commutation agencée pour simultanément :
- a. connecter l'une des batteries électriques aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique de ce système d'acquisition et déconnecter cette batterie électrique de l'unité de puissance ; et
 - b. Déconnecter l'autre des batteries électriques des amplificateurs opérationnels et des convertisseurs analogique numérique et connecter cette batterie électrique à l'unité de puissance.
- [0027] Par exemple, l'unité de puissance peut comprendre un étage de puissance, notamment un convertisseur de puissance électrique, agencé pour recevoir ladite puissance électrique obtenue de la source d'énergie électrique et pour la convertir en une puissance électrique adaptée à la charge de la batterie électrique.
- [0028] En d'autres termes, pour chaque système d'acquisition, l'unité de contrôle vient autoriser

l'alimentation électrique de l'électronique active de ce système d'acquisition par l'une des batteries électriques et interdire la charge de cette batterie électrique au moyen de ladite puissance électrique obtenue de la source d'énergie électrique et simultanément interdire l'alimentation électrique de l'électronique active de ce système d'acquisition par l'autre des batteries électriques et autoriser la charge de cette batterie électrique au moyen de ladite puissance électrique obtenue de la source d'énergie électrique. Cette caractéristique permet de créer un isolement entre l'unité de puissance, dans laquelle les perturbations de la puissance électrique transitant sur le réseau de transmission de données sont présentes et l'électronique active du système d'acquisition, qui peut ainsi déterminer les différences de potentiels et les convertir en signaux numériques sans être perturbée.

- [0029] Si on le souhaite, ledit potentiel électrique de référence est obtenu au moyen de la batterie électrique alimentant le dispositif d'acquisition. Le potentiel électrique de référence peut notamment être obtenu au moyen de la batterie électrique autorisée par le système de commutation à alimenter les amplificateurs opérationnels et les convertisseurs analogique numérique.
- [0030] Par exemple, le système de commutation comporte un premier dispositif de commutation relié à l'unité de puissance et auxdites batteries électriques de sorte à connecter l'unité de puissance sélectivement à l'une ou l'autre des batteries et un deuxième dispositif de commutation relié auxdites batteries électriques et aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique de sorte à connecter ces amplificateurs opérationnels et convertisseurs analogique numérique sélectivement à l'une ou l'autre des batteries, l'unité de contrôle étant agencée pour contrôler simultanément l'état des premier et deuxième dispositifs de commutation pour que ladite puissance électrique obtenue de la source d'énergie électrique soit transmise à l'une des batteries et que les amplificateurs opérationnels et convertisseurs analogique numérique soient alimentés par l'autre des batteries. En d'autres termes, le premier dispositif de commutation autorise la recharge exclusivement de l'une des batteries tandis que le deuxième dispositif de commutation autorise l'alimentation des amplificateurs opérationnels et convertisseurs analogique numérique exclusivement par l'autre des batteries.
- [0031] Si on le souhaite, l'unité de puissance peut comporter une ou plusieurs capacités agencées pour délivrer une puissance électrique, lors de leur décharge, vers les amplificateurs opérationnels et convertisseurs analogique numérique, pendant les changements d'états des dispositifs de commutation.
- [0032] Dans un mode de réalisation de l'invention, la source d'énergie électrique du système central comporte un panneau photovoltaïque.
- [0033] Avantagusement, le système central comporte un régulateur de tension connecté au panneau photovoltaïque. Ce régulateur de tension est notamment agencé pour maintenir la puissance électrique, et notamment la tension électrique, fournie par le panneau photovoltaïque à une valeur constante. Selon un exemple de réalisation, le régulateur de tension

peut être un régulateur de tension linéaire. Le cas échéant, le régulateur de tension peut être un régulateur linéaire à faible chute de tension. Un tel régulateur est également appelé régulateur LDO, de l'anglais Low DropOut. Dans un autre exemple de réalisation, le régulateur de tension peut être un régulateur de type DC/DC, par exemple un régulateur de type abaisseur de tension, notamment un régulateur de type Buck.

- [0034] Dans un mode de réalisation de l'invention, le système central comporte une batterie électrique rechargeable, le panneau photovoltaïque étant agencé pour charger ladite batterie électrique, laquelle est ainsi apte à délivrer ladite puissance électrique aux systèmes d'acquisition. Selon une variante, le panneau photovoltaïque est agencé pour délivrer ladite puissance électrique aux systèmes d'acquisition.
- [0035] Avantageusement, le panneau photovoltaïque est agencé pour simultanément charger la batterie électrique et délivrer ladite puissance électrique aux systèmes d'acquisition. Le cas échéant, le système peut comprendre une unité de contrôle de l'alimentation des systèmes d'acquisition, l'unité de contrôle étant agencée pour contrôler sélectivement l'alimentation des systèmes d'acquisition par le panneau photovoltaïque et/ou la batterie électrique, par exemple en fonction d'une condition de fonctionnement diurne ou nocturne du système d'analyse, d'une information d'ensoleillement local et/ou d'une information relative à l'état de charge de la batterie électrique.
- [0036] Avantageusement, le système peut comporter un contrôleur de charge de ladite batterie électrique agencé pour réguler le courant électrique généré par le panneau photovoltaïque.
- [0037] Avantageusement, la batterie électrique rechargeable présente une valeur de courant de charge nominale. Dans un premier mode de réalisation de l'invention, le contrôleur de charge est agencé pour contrôler la valeur du courant électrique généré par le panneau photovoltaïque pour que cette valeur corresponde sensiblement ladite valeur de courant de charge nominale. Par exemple, le contrôleur de charge peut être un hacheur. Dans ce mode, on cherche ainsi à recharger la batterie électrique le plus rapidement possible. Dans un deuxième mode de réalisation de l'invention, le contrôleur de charge est agencé pour contrôler la valeur du courant électrique généré par le panneau photovoltaïque à une valeur sensiblement inférieure à ladite valeur de courant de charge nominale, par exemple inférieure à 10%, notamment inférieure à 5%, par exemple égale à 2,2%, de ladite valeur de courant de charge nominale. Par exemple, le contrôleur de charge peut être une diode de limitation de courant. Dans ce mode, au-delà de la réduction du coût du système, on autorise une recharge lente de la batterie électrique, ce qui permet de réduire le bruit de cette recharge sur la mesure des signaux électriques émis par la ou les plantes par le premier dispositif d'acquisition.
- [0038] Dans un mode de réalisation de l'invention, le système central comporte un module de raccordement relié, via ledit réseau de transmission de données, à chaque système d'acquisition, le module de raccordement étant apte à recevoir la puissance électrique fournie, directement ou indirectement, par le panneau photovoltaïque, notamment par

l'intermédiaire du régulateur de tension, et à transmettre des signaux contenant ladite puissance électrique sur ledit réseau de données vers chaque système d'acquisition. De préférence, le module de raccordement est apte à recevoir les signaux numériques transmis par les unités de raccordement des systèmes d'acquisition sur le réseau de transmission de données.

- [0039] Par exemple, le module de raccordement pourra être un commutateur réseau de type POE, pouvant être intégré dans un serveur informatique du système central apte à écrire et lire des données dans ladite mémoire, le commutateur étant relié au panneau photovoltaïque, notamment par l'intermédiaire du régulateur de tension. Le cas échéant, chaque système d'acquisition pourra être relié par un câble Ethernet, ou par une pluralité de câbles Ethernet reliés entre eux par un ou plusieurs répéteurs POE, à un port du commutateur réseau. En variante, le commutateur réseau pourra être déporté dudit serveur et relié audit serveur par un câble Ethernet.
- [0040] En variante, le module de raccordement pourra comporter un ou plusieurs injecteur POE relié d'une part à un serveur informatique du système central apte à écrire et lire des données dans ladite mémoire et d'autre part au panneau photovoltaïque, notamment par l'intermédiaire du régulateur de tension. Le cas échéant, chaque injecteur POE pourra être relié à l'un des systèmes d'acquisition par un câble Ethernet. En variante, un injecteur POE pourra être relié à un collecteur relié à une pluralité de systèmes d'acquisition par une pluralité de câbles Ethernet.
- [0041] Avantageusement, le système d'analyse comporte au moins un capteur, notamment une pluralité de capteurs, le ou chaque capteurs étant apte à mesurer un paramètre environnemental du champ, le ou chaque capteur étant relié au système central. Par exemple, le ou chaque capteur pourra être choisi parmi l'un des types de capteur suivants : capteur de la température de l'air ou du sol, capteur de l'humidité de l'air ou du sol, station météorologique, capteur de pression atmosphérique, anémomètre, luxmètre. Le cas échéant, le ou chaque capteur pourra être relié au système central en étant relié à un relai d'un système d'acquisition ou directement au système central.
- [0042] Avantageusement, le système d'analyse électro-physiologique comporte un module de traitement numérique des signaux numériques générés par chaque système d'acquisition et transmis au système central pour y être stockés dans la mémoire.
- [0043] Avantageusement, le module de traitement peut être agencé pour mettre en œuvre un ou plusieurs procédés de traitement du signal numérique généré pour déterminer un état physiologique de la plante. Il a en effet été observé que les différences de potentiels ainsi mesurées et donc les signaux numériques convertis présentent des variations qui sont fonctions de l'état physiologique de la plante, et notamment de son ensoleillement, de son stress hydrique, de son stress thermique, etc. Ces variations sont des variations de certaines composantes fréquentielles de ces signaux numériques convertis, et en particulier des variations de faibles amplitudes de composantes haute fréquence.

- [0044] Le module de traitement pourra être agencé pour procéder à une analyse spectrale des signaux numériques. Par exemple, le module de traitement pourra être agencé pour obtenir un spectre à partir de chaque signal numérique (par exemple au moyen d'une transformée de Fourier ou par une décomposition en ondelettes) et pour déterminer un ou plusieurs indicateurs de puissance spectrale à partir de ce spectre, et notamment un ou plusieurs indicateurs choisis parmi les indicateurs suivants :
- a. un front de fréquence spectrale (également appelé en anglais : Spectral Edge Frequency ou SEF), à savoir une fréquence en dessous de laquelle se trouve concentré 95 % de la puissance spectrale totale ;
 - b. une fréquence médiane (également appelé en anglais : Median Edge Frequency ou MEF), à savoir une fréquence en dessous de laquelle se trouve concentré 50 % de la puissance spectrale totale ;
 - c. un indice de puissance, à savoir la puissance spectrale totale contenue dans une bande de fréquence donnée, en notamment un indice de puissance dans les bandes de fréquence dite bêta (>0.5 Hz), alpha ($0.3-0.4$ Hz), thêta ($0.1-0.2$ Hz) et delta ($0-0.1$ Hz) ;
 - d. des ratios d'indices de puissance, et notamment un ratio de l'indice de puissance delta et l'indice de puissance theta ;
 - e. une entropie spectrale (également appelée en anglais Power Spectrum Entropy ou PSE).
- [0045] Avantagusement, le module de traitement pourra mettre en œuvre des procédés d'analyse des variations de ce ou ces indicateurs, notamment pour reconnaître un décalage du front de fréquence spectrale et/ou de la fréquence médiane selon un modèle donné ou encore une variation d'un indice de puissance ou d'un ratio d'indices de puissance selon un modèle donné, ou encore une variation de l'entropie spectrale selon un modèle donné. Il pourra par exemple s'agir d'un procédé de classification d'une variation de ce ou ces indicateurs parmi une bibliothèque de modèles de variation prédéterminés, chaque modèle de variation prédéterminé étant associé à un état physiologique donné d'une plante. Un tel procédé de classification pourra par exemple mis en œuvre par un algorithme de reconnaissance de motifs basé un apprentissage automatique de reconnaissance des modèles de ladite bibliothèque de modèles.
- [0046] Le module de traitement pourra être déporté du système central ou en variante être embarqué dans le système central, par exemple dans un serveur informatique du système central.
- [0047] L'invention a également pour objet un système d'analyse électro-physiologique de plusieurs plantes, comprenant un premier dispositif d'acquisition comprenant :
- a. une pluralité de premières électrodes chacune destinée à être connectée à une plante distincte pour capter un premier potentiel électrique analogique,
 - b. un premier multiplexeur dont chacune des entrées est reliée à l'une des premières électrodes, le premier multiplexeur étant agencé pour multiplexer lesdits premiers potentiels électriques analogiques captés par les premières électrodes en un premier signal

analogique multiplexé, et

- c. un convertisseur analogique numérique dont une entrée est reliée à une sortie du premier multiplexeur pour recevoir ledit premier signal analogique multiplexé, le convertisseur analogique numérique étant agencé pour mesurer la différence de potentiel entre ledit premier signal analogique multiplexé et un potentiel électrique de référence et pour convertir la différence de potentiel mesurée en un signal numérique.

[0048] L'invention a encore pour objet un système d'analyse électro-physiologique de plantes, comprenant :

- a. un premier dispositif d'acquisition comprenant au moins une première électrode destinée à être connectée à une plante pour capter un premier potentiel électrique analogique, le premier dispositif d'acquisition étant agencé pour générer un signal numérique à partir dudit premier potentiel électrique analogique ;
- b. une unité de raccordement agencée pour émettre et respectivement recevoir des signaux vers, respectivement depuis un réseau de transmission de données , l'unité de raccordement étant agencée pour émettre vers ledit réseau de données ledit signal numérique et pour extraire une puissance électrique depuis les signaux reçus du réseau de transmission de donnée, ladite puissance électrique étant destinée à alimenter électriquement le premier dispositif d'acquisition.

[0049] L'invention a encore pour objet un système d'analyse électro-physiologique de plante, comportant au moins un premier dispositif d'acquisition agencé pour capter des signaux électriques émis par une ou plusieurs plantes et pour convertir lesdits signaux électriques en des signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte un panneau photovoltaïque agencé pour alimenter ledit premier dispositif d'acquisition.

[0050] La présente invention est maintenant décrite à l'aide d'exemples uniquement illustratifs et nullement limitatifs de la portée de l'invention, et à partir des dessins annexés, dessins sur lesquels les différentes figures représentent :

[0051] [Fig. 1] représente, schématiquement et partiellement, un système d'analyse électro-physiologique de plantes selon un mode de réalisation de l'invention ;

[0052] [Fig. 2] représente, schématiquement et partiellement, un exemple de déploiement dans un champ du système d'analyse électro-physiologique de plantes de la [Fig. 1];

[0053] [Fig. 3] représente, schématiquement et partiellement, un exemple de réalisation du système central du système d'analyse électro-physiologique de plantes de la [Fig. 1];

[0054] [Fig. 4] représente, schématiquement et partiellement, un exemple de réalisation d'un relai du système d'analyse électro-physiologique de plantes de la [Fig. 1]; et

[0055] [Fig. 5] représente, schématiquement et partiellement, une vue schématique du relai de la [Fig. 4].

[0056] Dans la description qui suit, les éléments identiques, par structure ou par fonction, apparaissant sur différentes figures conservent, sauf précision contraire, les mêmes références.

[0057] On a représenté en [Fig. 1], schématiquement et partiellement, un système d'analyse

électro-physiologique 1 d'une pluralité de plantes P selon un mode de réalisation de l'invention.

- [0058] Le système 1 est destiné à être déployé dans un champ agricole ou dans une serre pour y réaliser, de façon autonome et continue, des mesures de signaux électriques analogiques émis par des plantes cultivées dans ce champ ou dans cette serre.
- [0059] On a ainsi représenté en [Fig. 2] un exemple de déploiement du système 1 de la [Fig. 1] dans un champ C composé d'une pluralité de parcelles PC comportant chacune une pluralité de plantes P. Comme cela va être décrit, le système 1 permet de réaliser, de façon autonome, c'est-à-dire sans requérir à une source d'énergie externe au système 1 et de façon continue, pendant plusieurs jours voire pendant plusieurs semaines, des mesures sur plusieurs centaines de ces plantes P, réparties dans différentes parcelles PC s'étendant sur une vaste surface du champ C.
- [0060] Le système 1 comporte une pluralité de systèmes d'acquisition 2 reliés chacun à un même système central 6. Dans l'exemple de la [Fig. 2], le système 1 comporte quatre systèmes d'acquisition 2, tous semblables les uns aux autres.
- [0061] Chaque système d'acquisition 2 comporte une pluralité de paires de premières électrodes 21 et de deuxièmes électrodes 22, chaque paire étant connectée à l'une des plantes P. Par exemple, la première électrode 21 est connectée au niveau d'une section supérieure de tige d'une plante P pour être en contact avec le phloème et la deuxième électrode 22 est connectée au niveau d'une section inférieure de la tige de cette plante P également pour être en contact avec le phloème. Dans l'exemple de la [Fig. 2], chaque système d'acquisition 2 comporte 128 paires d'électrodes 21 et 22.
- [0062] Chaque première électrode 21 capte un premier potentiel électrique analogique P1 et chaque deuxième électrode 22 capte un deuxième potentiel électrique analogique P2.
- [0063] Chaque système d'acquisition 2 comporte une pluralité de terminaux 23 relié chacun à un groupe de paires d'électrodes 21 et 22. Dans l'exemple de la [Fig. 2], chaque système d'acquisition 2 comporte seize terminaux 23, réalisés chacun sous la forme d'un bornier auquel sont reliés huit paires d'électrodes 21 et 22, le bornier collectant ainsi les premiers et deuxièmes potentiels électriques analogiques P1 et P2 captés par ces huit électrodes.
- [0064] Chaque système d'acquisition 2 comporte un relai 24 relié aux différents terminaux 23. Comme cela sera décrit ultérieurement, chaque relai 24 comporte une pluralité d'amplificateurs opérationnels destinés à mesurer les différences de potentiels entre les premiers et deuxièmes potentiels électriques analogiques P1 et P2 captés par chaque paire d'électrodes 21 et 22 de ce système d'acquisition 2, ainsi qu'une pluralité de convertisseurs analogique numérique destinés à convertir ces différences de potentiel en des signaux numériques.
- [0065] Chaque relai 24 comporte en outre une unité de raccordement à un réseau de transmission de données pour être relié au système central 6 et pour pouvoir transmettre à ce système central 6 lesdits signaux numériques. On constate ainsi, au vu de la [Fig. 2], que le système d'analyse 1 est un réseau de capteurs formés par les plantes P, présentant une topologie en

étoile autour du système central 6, chaque système d'acquisition 1 présentant une topologie en arbre dont la racine est formée par le relai 24 et dont les terminaisons sont formées par les plantes P. On notera que le nombre de relais 24 et de terminaux 23 décrits en [Fig. 2] est exemplatif et qu'on pourra envisager un nombre différent, et notamment supérieur, de relais et de terminaux sans sortir du cadre de la présente invention. De même, on pourra envisager d'ajouter des concentrateurs entre chaque relai 24 et les terminaux 23, afin de d'accroître le nombre de points de mesure dans une même zone du champ C, ou encore d'ajouter des extenseurs afin d'atteindre des parcelles éloignées du système central 6.

- [0066] Comme cela sera décrit ultérieurement, le système central 6 comporte un serveur informatique embarquant une mémoire dans laquelle sont stockés les différents signaux numériques transmis par les relais 24, lesquels peuvent alors être traités in situ ou au contraire réservés pour un traitement ultérieur. Par ailleurs, afin d'obtenir un système d'analyse pouvant réaliser des mesures de façon autonome et continue pendant une longue période, le système central 6 comporte une source d'énergie électrique 8, permettant de fournir une puissance électrique aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique des relais 24. Dans l'exemple de la [Fig. 2], la source d'énergie électrique 8 comporte un panneau photovoltaïque. Chaque relai 24 comporte ainsi une unité de puissance destinée à recevoir ladite puissance électrique transmis par le système central 6 et à transmettre cette puissance électriques aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique de ce relai 24.
- [0067] En lien avec la [Fig. 3], on va maintenant décrire un mode de réalisation préférentiel du système central 6 des [Fig. 1] et [Fig. 2].
- [0068] Comme décrit précédemment, le système central 6 comporte un serveur informatique 61, de type stockage en réseau, ou NAS, basse consommation, accueillant une pluralité de disques dur 62 formant ladite mémoire du système central 6. Le système 1 également comporte un panneau photovoltaïque 8 associé à un régulateur de tension linéaire 81 de type LDO, régulant la puissance électrique générée par le panneau photovoltaïque pour fournir une tension électrique de valeur constante au serveur 61. On pourra envisager d'ajouter au système central 6 une ou plusieurs batteries électriques, reliées d'une part au serveur 61, via une unité de commutation, et d'autre part, au régulateur 81, via un régulateur de charge. Dans ce cas, une unité de contrôle pourra contrôler l'unité de commutation et le contrôleur de charge de sorte à autoriser, en période diurne, l'alimentation du serveur 61 directement par le panneau photovoltaïque 8 et la charge de la ou des batteries électriques, l'alimentation 61 du serveur par les batteries électriques étant dans ce cas interdit, et de sorte à autoriser, en période nocturne, l'alimentation du serveur 61 par les batteries électriques .
- [0069] Le serveur 61 embarque également un commutateur réseau 63 de type POE pour échanger des données avec les relais 24 des systèmes d'acquisition 2, et en particulier pour recevoir les signaux numériques transmis par ces relais 24, et pour pouvoir transmettre la puissance électrique générée par le panneau photovoltaïque 8 et le régulateur de tension 81 aux

amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique de ces relais 24.

- [0070] Le relai 24 de chaque système d'acquisition 2 est ainsi relié à un port de ce commutateur réseau 63 par un câble Ethernet 5, c'est-à-dire un câble comportant quatre paires de fils torsadées, les données transmises par les relais 24 ou par le serveur 61 transitant sur deux des paires et la puissance électrique transitant sur deux autres paires.
- [0071] En lien avec les [Fig. 4] et [Fig. 5], on va maintenant décrire un mode de réalisation préférentiel d'un relai 24 d'un système d'acquisition 2 destiné à être relié au système central 6 de la [Fig. 3].
- [0072] Le relai 24 comporte plusieurs étages d'acquisition 25 destinés à recevoir les potentiels électriques analogiques P1 et P2 transmis par les terminaux 23 et comportant chacun une pluralité d'amplificateurs opérationnels et de convertisseurs analogique numérique pour procéder à la mesure des différences de potentiel et à la conversion de ces différences de potentiel en signaux numériques et un étage de raccordement 26 auquel sont reliés tous ces étages d'acquisition 25. Cet étage de raccordement 26 comporte ladite unité de raccordement 51 permettant de transmettre ces signaux numériques au système central 6 via le câble Ethernet 5 et ladite unité de puissance 52 permettant d'extraire de ce câble Ethernet ladite puissance électrique transmise par le système central 6 pour la distribuer aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique des étages d'acquisition 25. La [Fig. 4] montre ainsi une vue d'ensemble d'un relai 24 tandis que la [Fig. 5] décrit de façon schématique l'un des étages d'acquisition 25 et l'étage de raccordement 26.
- [0073] Dans l'exemple des [Fig. 4] et [Fig. 5], chaque étage d'acquisition 25 est relié, par plusieurs câbles coaxiaux multiples, à quatre terminaux 23, pour recevoir de chacun de ces terminaux, huit paires de potentiels électriques analogiques P1 et P2. On notera que, dans l'exemple décrit, chaque deuxième électrode 22 est reliée à un potentiel électrique commun de référence PR, et notamment une masse, de l'étage d'acquisition 25 auquel cette deuxième électrode 22 est reliée, de sorte que chaque deuxième potentiel électrique analogique P2 soit sensiblement égal à ce potentiel électrique commun de référence PR.
- [0074] Chaque étage d'acquisition 25 comporte un multiplexeur multivoies 27, dont les entrées sont reliées, via les terminaux 23, aux premières électrodes 21. Le multiplexeur 27 est ainsi agencé pour multiplexer les premiers potentiels électriques P1 captés par les premières électrodes 21 et transmis par les terminaux 23. Chaque étage d'acquisition 25 traite donc de façon séquentielle les premiers potentiels électriques P1 transmis par les terminaux 23, l'ensemble des premiers potentiels électriques P1 transmis par chaque terminal 23 étant traités sur une même période de multiplexage.
- [0075] Chaque étage d'acquisition 25 comporte également un convertisseur analogique numérique multivoies 3, comportant une pluralité d'amplificateurs opérationnels 31 chacun agencés pour recevoir l'une des sorties du multiplexeur 27, en l'occurrence un premier potentiel électrique analogique P1 acquis par l'une des premières électrodes 21 et transmis par l'un des terminaux 23, et ledit potentiel électrique commun de référence PR et pour

mesurer une différence de potentiel électrique entre ce premier potentiel P1 et le potentiel électrique commun de référence PR. Dans l'exemple décrit, chaque amplificateur opérationnel 31 est un amplificateur à gain programmable, également appelé PGA (de l'anglais Programmable Gain Amplifier), à faible bruit et dont le gain peut être programmé jusqu'à une valeur de 24 sans qu'un niveau moyen du bruit introduit dans le signal amplifié par l'amplificateur dépasse une valeur de sensiblement $2\text{ }\mu\text{V}$ pour ce gain de 24.

- [0076] Le convertisseur analogique numérique multivoies 3 comporte également une pluralité de convertisseurs analogique numérique élémentaire 32 de type delta-sigma chacun relié à la sortie différentielle de l'un des amplificateurs opérationnels 31 pour convertir la différence de potentiel électrique mesuré par cet amplificateur opérationnel 31 en un signal numérique. Dans l'exemple décrit, chaque convertisseur de type delta-sigma 34 est agencé pour échantillonner la différence de potentiel électrique, par exemple à une fréquence d'échantillonnage de 250 Hz, de sorte à obtenir un signal numérique codé sur 24 bits. Cette combinaison de PGA à faible bruit et de convertisseurs de type delta-sigma permet d'obtenir un nombre de bits effectifs d'au moins 19 lorsque le gain de PGA est fixé à 24. De la sorte, le signal numérique obtenu en sortie du convertisseur élémentaire 32 présente une résolution particulièrement satisfaisante, compte tenu des niveaux de tension observés pour les premiers potentiels électriques captés par les électrodes 21. Il est à noter que la fréquence d'échantillonnage peut avantageusement être modulée, notamment en fonction de la durée d'enregistrement souhaitée.
- [0077] Enfin, chaque étage d'acquisition 25 comporte un microcontrôleur 28 agencé pour sérialiser les signaux numériques convertis par chacun des convertisseurs élémentaires 32, de sorte que ce système d'acquisition 25 soit relié à l'étage de raccordement 26 par une voie unique sur laquelle transitent ces signaux numériques sérialisés. De même, l'étage de raccordement 26 comporte un microcontrôleur 53 agencé pour sérialiser les signaux numériques transmis par tous les étages d'acquisition 25. Dans l'exemple décrit, l'ensemble des composants de chaque étage d'acquisition 25 sont supportés par une même carte de circuit imprimé, les étages d'acquisition 25 et l'étage de raccordement étant ainsi empilés et logés dans un même boîtier 29. Tous ces éléments forment ainsi un ensemble compact et autonome.
- [0078] Comme on va le voir, l'étage de raccordement 26 de chaque relai 24 est agencé pour isoler galvaniquement les étages d'acquisition 25 des unités de raccordement et de puissance 51 et 52.
- [0079] Dans l'exemple décrit, l'étage de raccordement 26 comporte un connecteur de type RJ45 41 auquel est raccordé le câble Ethernet 5 le reliant au système central 6.
- [0080] Afin d'isoler galvaniquement les différents composants de l'étage de raccordement 26 des autres relais 24 et des autres capteurs pouvant être connectés au système central 6 et d'extraire ladite puissance électrique transmise par le système central 6 via le câble Ethernet 5, l'étage de raccordement 26 comporte un diviseur 42 comportant une pluralité de

transformateurs d'isolement chacun relié, via le connecteur 41, à l'une des paires torsadées au niveau de leur enroulement primaire ou secondaire. En [Fig. 5], seuls les transformateurs reliés aux paires torsadées transportant la puissance électrique ont été représentés. Le diviseur 42 est ainsi agencé pour extraire la puissance électrique transitant sur le câble 5 depuis les enroulements de ces transformateurs.

- [0081] L'unité de raccordement 51 comporte une interface 43 permettant de convertir les signaux reçus depuis le câble 5 et le diviseur 42 en données numériques interprétables et, réciproquement, les signaux numériques issus du sérialiseur 53 en des signaux pouvant être transmis, via le diviseur 42 et le connecteur 41, sur le câble 5.
- [0082] L'unité de raccordement 51 comporte une unité de contrôle 44 reliée à l'interface 43 agencée notamment pour traiter les signaux reçus depuis le câble 5.
- [0083] L'unité de raccordement 51 comporte un optocoupleur agencé pour transmettre les signaux numériques issus du sérialiseur 53 à l'unité de contrôle 44, tout en maintenant un isolement galvanique entre l'unité de contrôle 44 et ce sérialiseur 53 et donc les étages d'acquisition 25.
- [0084] L'unité de puissance 52 comporte deux batteries électriques rechargeables 71 et 72 agencées pour, d'une part, alimenter électriquement les étages d'acquisition 25, et notamment les convertisseurs analogique numérique multivoies 3, et d'autre part, définir le potentiel électrique de référence P.
- [0085] L'unité de puissance 52 comporte un convertisseur de puissance électrique 46 agencé pour recevoir la puissance électrique extraite depuis le diviseur 42 et la convertir en une puissance électrique adaptée pour la charge des batteries électriques 71 et 72.
- [0086] Les batteries 71 et 72 sont ainsi reliées, d'une part, au convertisseur de puissance 46 et, d'autre part, aux étages d'acquisition par deux dispositifs de commutation 73 et 74 contrôlées simultanément par une unité de contrôle 75 de l'unité de puissance 52.
- [0087] L'unité de contrôle 75 contrôle ainsi le premier dispositif de commutation 73 de sorte à autoriser uniquement la transmission de la puissance d'alimentation convertie par le convertisseur de puissance 46 vers l'une des batteries électriques, la batterie 71 dans l'exemple de la [Fig. 5], en vue de sa charge. Dans le même temps, l'unité de contrôle 75 contrôle le deuxième dispositif de commutation 74 de sorte à autoriser uniquement la transmission de la puissance électrique contenue dans l'autre des batteries électriques, la batterie 72 dans l'exemple de la [Fig. 5], vers les étages d'acquisition 25, en vue de leurs alimentations électriques et de la fourniture du potentiel électrique de référence P2. En effet, les entrées du convertisseur analogique numérique 3 destinées à recevoir les deuxièmes potentiels électriques analogiques sont reliées, via le deuxième dispositif de commutation 74, à la masse de cette batterie 72 alimentant ces étages d'acquisition 25.
- [0088] En d'autres termes, l'unité de contrôle 75 contrôle les dispositifs de commutation 73 et 74 de sorte qu'il soit impossible à la batterie 71 en charge d'alimenter électriquement les étages d'acquisition 25 et qu'il soit impossible à la batterie 72 alimentant les étages

d'acquisition 25 et fournissant le potentiel de référence P2 d'être chargée par le convertisseur de puissance 46.

- [0089] On constate ainsi au vu de la [Fig. 5] que, grâce aux dispositifs de commutation 73 et 74 et à l'optocoupleur 45, le potentiel de référence P2 permettant la génération des signaux numériques est indépendant de toute perturbation pouvant intervenir sur le câble Ethernet 5 et en particulier de toute perturbation de la masse de l'alimentation électrique transitant sur ce câble.
- [0090] Il est à relever que le système d'analyse 1 peut comporter un module de traitement numérique des signaux numériques stockés dans la mémoire du serveur 61, lequel est agencé pour mettre en œuvre un ou plusieurs procédés de traitement de ces signaux numériques afin de déterminer un état physiologique des plantes P. Sans que cela soit limitatif, le module de traitement pourra être agencé pour obtenir un spectre à partir de chaque signal numérique (par exemple au moyen d'une transformée de Fourier ou par une décomposition en ondelettes) et pour déterminer un ou plusieurs indicateurs de puissance spectrale à partir de ces spectres, puis pour mettre en œuvre des procédés d'analyse des variations de ce ou ces indicateurs afin de déterminer l'état physiologique des plantes P. Ce module de traitement numérique pourra être embarqué dans le serveur 61 ou être distant du serveur 61.
- [0091] La description qui précède explique clairement comment l'invention permet d'atteindre les objectifs qu'elle s'est fixée, et notamment en proposant un système d'analyse électro-physiologique de plantes comportant une pluralité de points de mesure organisés selon une architecture en étoile autour d'un système central.
- [0092] En tout état de cause, l'invention ne saurait se limiter aux modes de réalisation spécifiquement décrits dans ce document, et s'étend en particulier à tous moyens équivalents et à toute combinaison techniquement opérante de ces moyens. On pourrait notamment prévoir d'agencer les amplificateurs opérationnels et/ou les convertisseurs analogique numérique au niveau des terminaux des systèmes d'acquisition, de sorte à rendre négligeable les pertes induites par la longueur de l'ensemble des câbles reliant les électrodes au système central. On pourrait également envisager d'autres modes de réalisation permettant de transmettre la puissance électrique du panneau photovoltaïque aux relais des systèmes d'acquisition, notamment mettant en œuvre des concentrateurs et/ou des injecteurs POE déportés du serveur du système central. On pourrait également envisager de remplacer l'un ou plusieurs des terminaux et/ou des relais par un capteur apte à mesurer un paramètre environnemental du camp. On pourra encore envisager de ne pas relier les deuxièmes électrodes à un même potentiel électrique de référence commun et d'ajouter un second multiplexeur aux étages d'acquisition permettant de multiplexer les deuxièmes potentiels électriques analogiques captés par ces deuxièmes électrodes.

Revendications

[Revendication 1] Système d'analyse électro-physiologique de plantes, caractérisé en ce qu'il comporte :

- a. Une pluralité de systèmes d'acquisition, chaque système d'acquisition comportant :
 - i. une pluralité de paires d'électrodes comportant chacune une première électrode et d'une deuxième électrode destinées à être connectée chacune à une même plante pour capter des premier et deuxième potentiels électriques analogiques;
 - ii. une pluralité d'amplificateurs opérationnels agencés pour mesurer les différences de potentiel entre les premiers et deuxièmes potentiels électriques analogique acquis par les premières et deuxièmes électrodes de ce système d'acquisition et une pluralité de convertisseurs analogique numérique agencés pour convertir lesdites différences de potentiel en des signaux numériques ;
- b. Un système central de collecte de données comportant une mémoire et une source d'énergie électrique ;

caractérisé en ce que chaque système d'acquisition est relié au système central et comporte :

- c. une unité de raccordement agencée pour transmettre lesdits signaux numériques au système central ;
- d. une unité de puissance agencée pour transmettre une puissance électrique obtenue de ladite source d'énergie électrique aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogiques numériques ; et

dans lequel chaque système d'acquisition est agencé pour isoler galvaniquement les amplificateurs opérationnels et les convertisseurs analogique numérique de l'unité de puissance et de l'unité de raccordement.

[Revendication 2] Système selon la revendication précédente, dans lequel chaque système d'acquisition comporte une pluralité de terminaux reliés chacun à un groupe de paires d'électrodes de ce système d'acquisition et agencés pour collecter lesdites potentiels électriques analogiques captées par les premières et deuxièmes électrodes de ce groupe, et un relai relié auxdits terminaux de ce système d'acquisition et au système central, ce relai comportant ladite unité de raccordement et ladite unité de puissance, dans lequel les amplificateurs opérationnels et les convertisseurs analogique numérique de chaque système d'acquisition sont prévus dans le relai et/ou dans les terminaux de ce système d'acquisition, dans lequel le relai de chaque système d'acquisition est agencé pour isoler galvaniquement ces amplificateurs opérationnels et ces

convertisseurs analogique numérique de ce système d'acquisition de son unité de puissance et de son unité de raccordement,.

[Revendication 3] Système selon la revendication précédente, dans lequel chaque terminal de chaque système d'acquisition est agencé pour transmettre les potentiels électriques analogiques qu'il collecte vers le relai de ce système d'acquisition, dans lequel le relai de chaque système d'acquisition comporte une pluralité d'étages d'acquisition chacun relié au moins à l'un des terminaux de ce système d'acquisition pour recevoir lesdits potentiels électriques analogiques collectés et comportant au moins un amplificateur opérationnel et un convertisseur analogique numérique pour mesurer lesdites différences de potentiel et convertir lesdites différences de potentiel en lesdits signaux numériques, chaque étage d'acquisition étant relié à l'unité de raccordement et l'unité de puissance en étant isolé galvaniquement de cette unité de puissance et de son unité de raccordement.

[Revendication 4] Système selon la revendication précédente, dans lequel chaque étage d'acquisition du relai de chaque système d'acquisition est relié à une pluralité de terminaux de ce système d'acquisition pour recevoir lesdits potentiels électriques analogiques collectés par ces terminaux, ledit étage comportant un multiplexeur agencé pour multiplexer lesdits premiers potentiels électriques analogiques collectés par lesdits terminaux.

[Revendication 5] Système selon la revendication 2, dans lequel chaque terminal de chaque système d'acquisition comporte au moins un amplificateur opérationnel pour mesurer lesdites différences de potentiel entre les potentiels électriques analogiques qu'il collecte et pour transmettre ces différences de potentiel vers le relai de ce système d'acquisition, et dans lequel le relai de chaque système d'acquisition comporte une pluralité d'étages d'acquisition chacun relié au moins à l'un des terminaux de ce système d'acquisition pour recevoir lesdites différences de potentiels électriques analogiques, chaque étage d'acquisition étant relié à l'unité de raccordement et l'unité de puissance en étant isolé galvaniquement de cette unité de puissance et de son unité de raccordement.

[Revendication 6] Système selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel l'unité de raccordement comporte un microcontrôleur agencé pour sérialiser les signaux numériques convertis par les convertisseurs analogique numérique et transmis par chacun des étages d'acquisition à l'unité de raccordement en un unique signal numérique et pour transmettre cet unique signal numérique au système central.

[Revendication 7] Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système central est relié à chaque système d'acquisition par un réseau de transmission de données, dans lequel le système central est agencé pour transmettre à chaque système d'acquisition des signaux contenant une puissance électrique via le

réseau de transmission de données, et, dans lequel l'unité de raccordement est agencée pour transmettre lesdits signaux numériques au système central via ledit réseau de transmission de données, et dans lequel l'unité de puissance est agencée pour extraire ladite puissance électrique depuis les signaux reçus du système central via le réseau de transmission de donnée et pour transmettre ladite puissance électrique extraite aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogiques numériques.

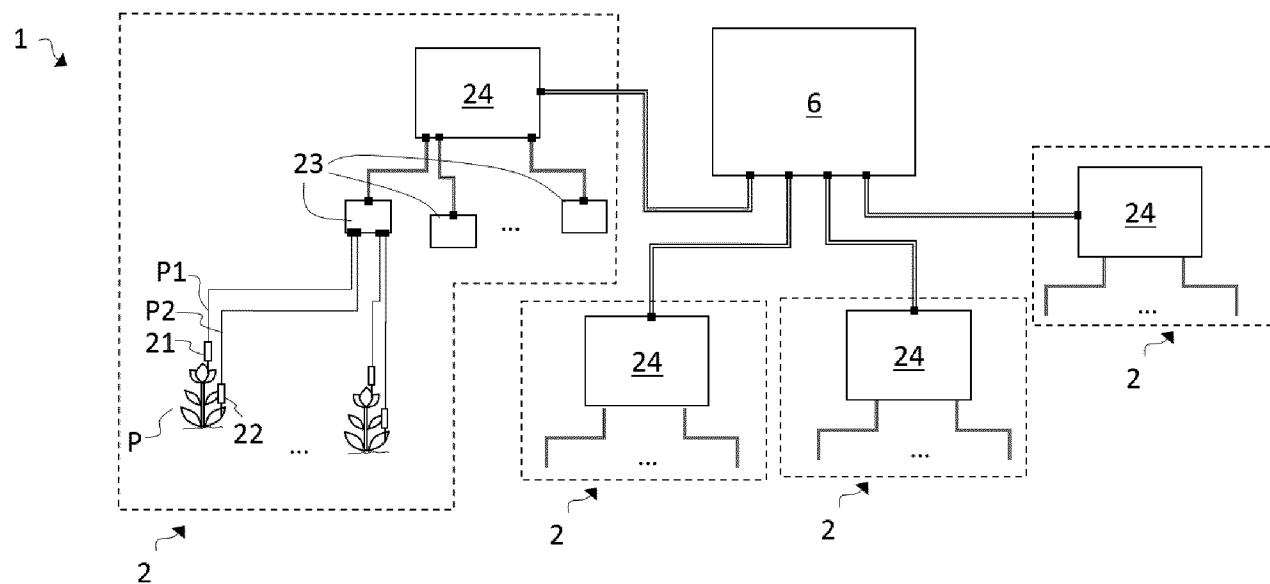
[Revendication 8] Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'unité de raccordement de chaque système d'acquisition comporte un coupleur agencé pour transmettre les signaux numériques convertis par les convertisseurs analogique numérique de ce système d'acquisition à l'unité de raccordement, le coupleur étant agencé pour isoler galvaniquement ces convertisseurs analogique numérique de l'unité de raccordement.

[Revendication 9] Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque système d'acquisition comprend deux batteries électriques rechargeables et un système de commutation relié auxdites batteries électriques, à l'unité de puissance, aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique de ce système d'acquisition, l'unité de puissance de ce système d'acquisition comprenant une unité de contrôle dudit système de commutation agencée pour simultanément :

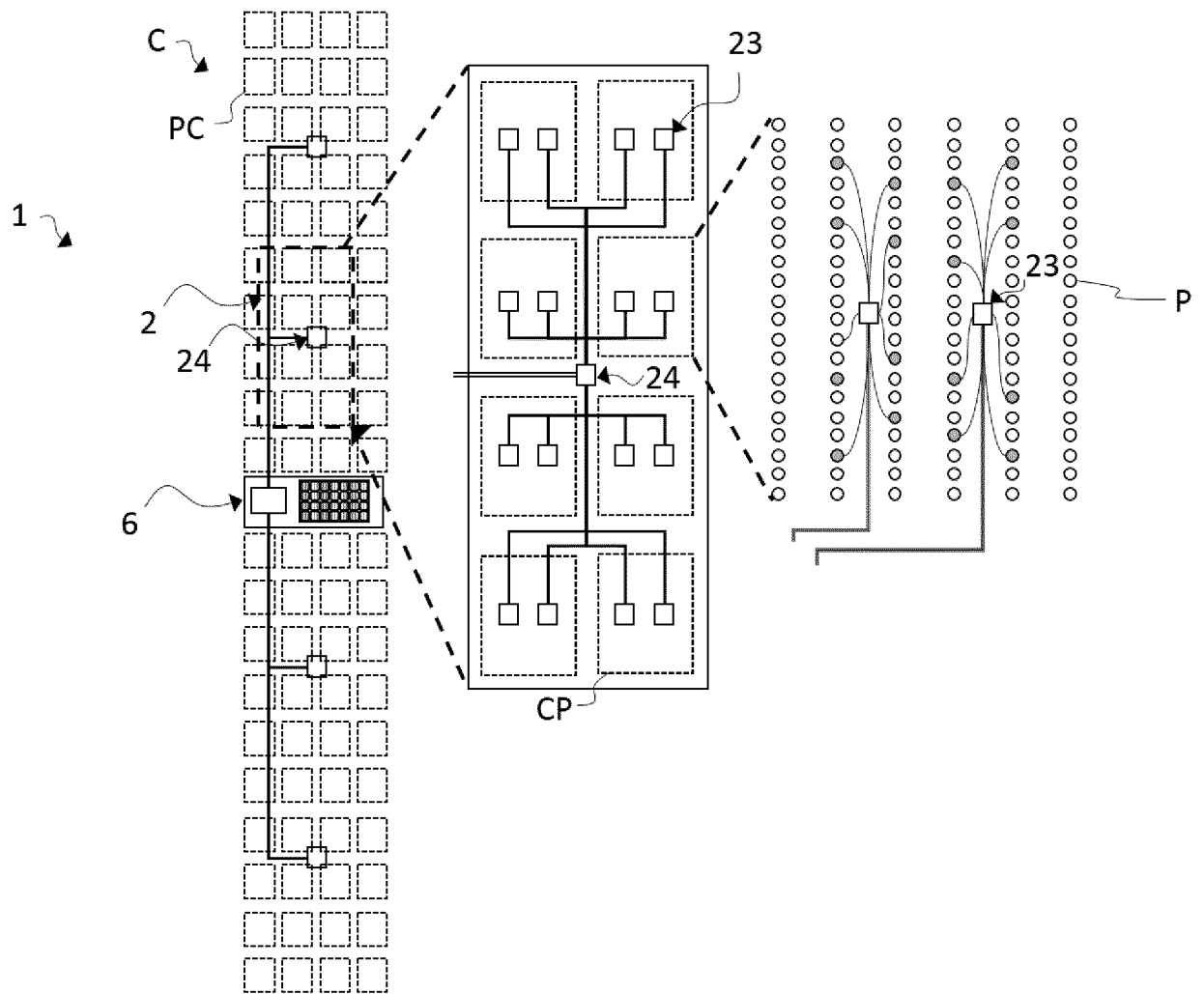
- connecter l'une des batteries électriques aux amplificateurs opérationnels et aux convertisseurs analogique numérique de ce système d'acquisition et déconnecter cette batterie électrique de l'unité de puissance ; et
- Déconnecter l'autre des batteries électriques des amplificateurs opérationnels et des convertisseurs analogique numérique et connecter cette batterie électrique à l'unité de puissance.

[Revendication 10] Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la source d'énergie électrique du système central comporte un panneau photovoltaïque.

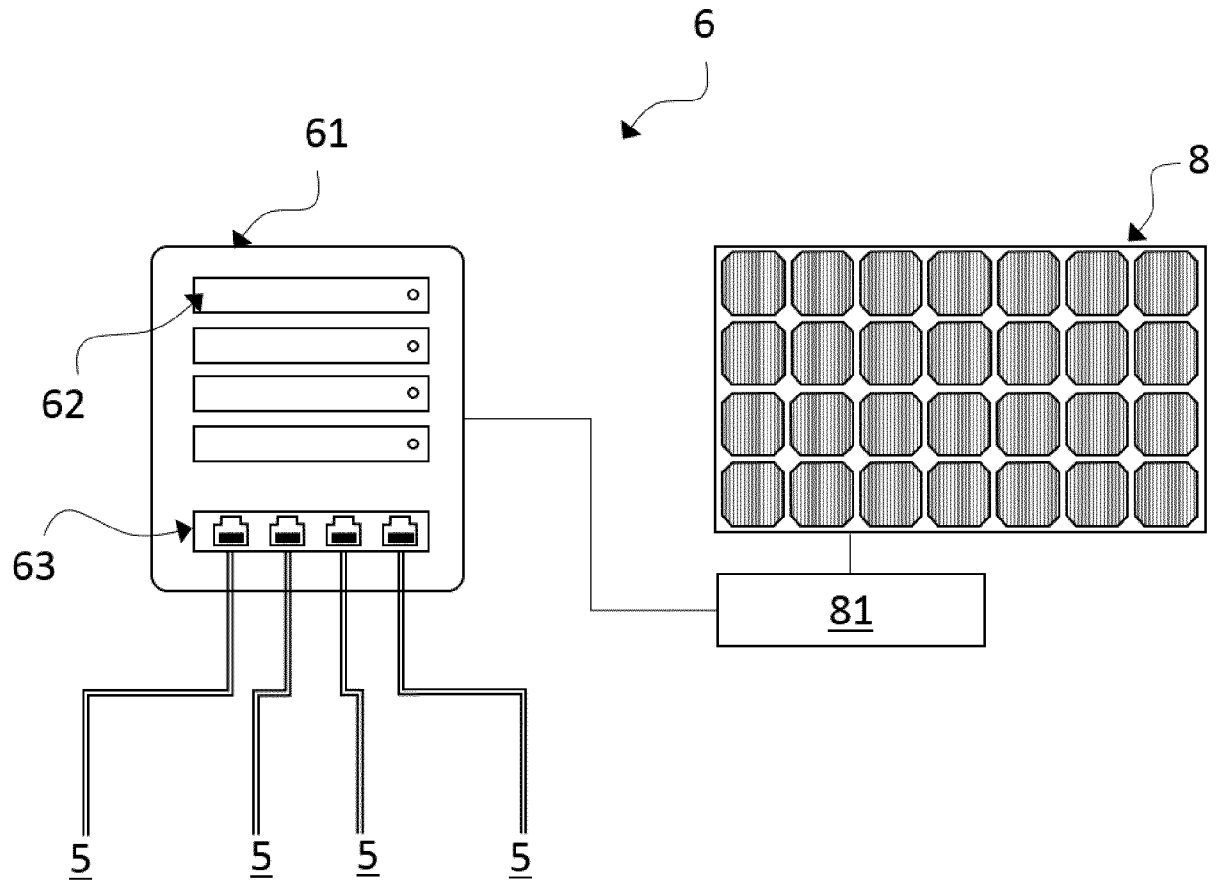
[Fig. 1]



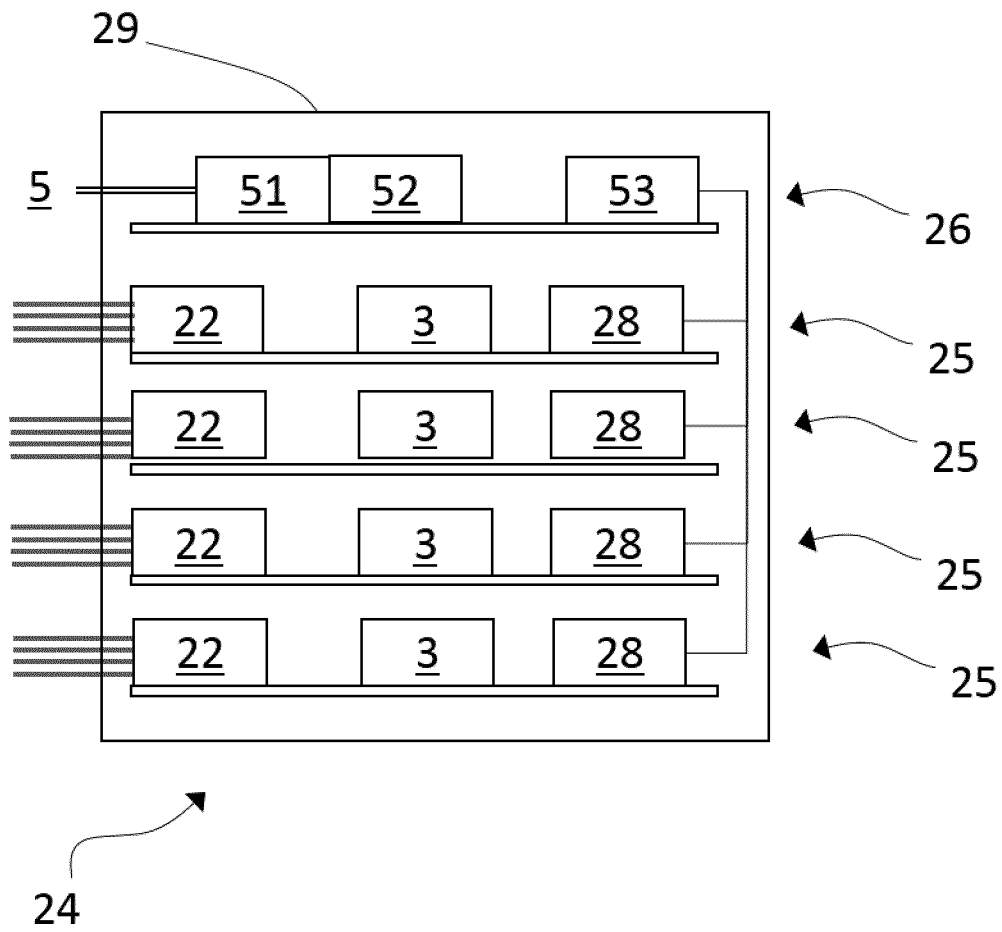
[Fig. 2]



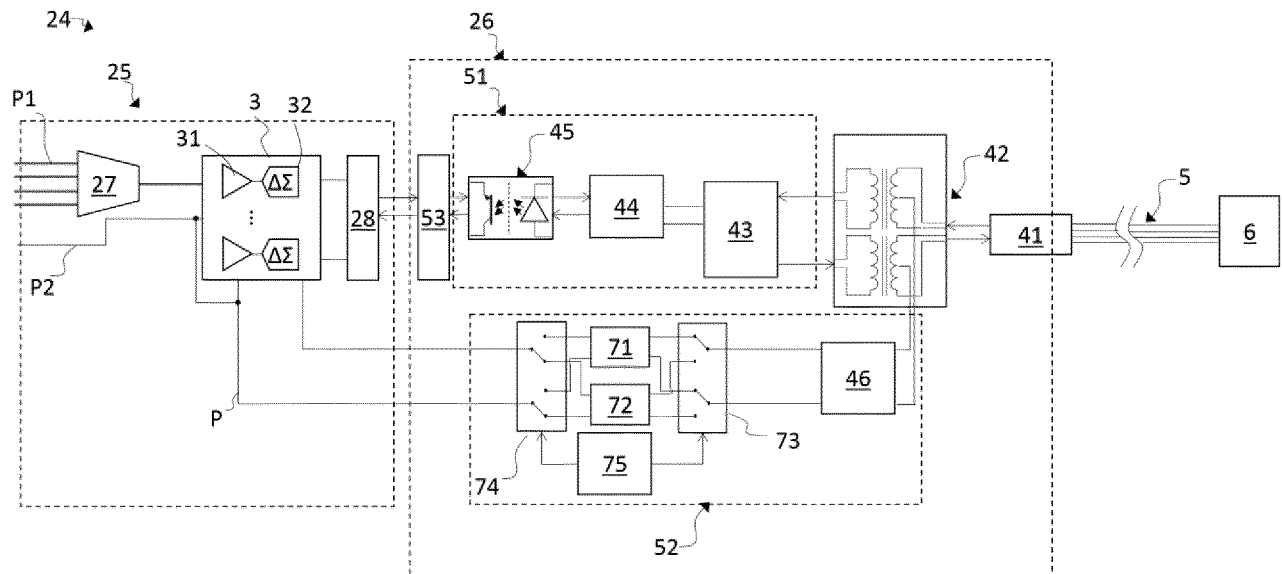
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/068889

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01N 33/00**(2006.01)i; **A01G 7/00**(2006.01)i

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)

G01N; A01G

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	DE 102006041127 B3 (PETER OSYPKA STIFTUNG STIFTUNG [DE]) 06 March 2008 (2008-03-06) abstract; figure 1	1-10
A	BE 830574 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION) 24 December 1975 (1975-12-24) abstract; figure 1	1-10
A	COMPARINI DIEGO ET AL. "Stem electrical properties associated with water stress conditions in olive tree" <i>AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL</i> , Vol. 234, 17 March 2020 (2020-03-17), [retrieved on 2020-03-17] DOI: 10.1016/J.AGWAT.2020.106109 ISSN: 0378-3774, XP086106748 section 2.4;figure 5	1-10
A	US 3967198 A (GENSLER WILLIAM G) 29 June 1976 (1976-06-29) abstract; figures 2,3	1-10

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

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 September 2021

Date of mailing of the international search report

08 October 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Gilow, Christoph

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/068889**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017032750 A1 (VIVENT SÁRL [CH]) 02 March 2017 (2017-03-02) page 36, line 4 - page 41, line 34; figures 5,7	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/068889

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102006041127	B3	06 March 2008	DE	102006041127	B3	06 March 2008
				EP	2056663	A1	13 May 2009
				US	2009278555	A1	12 November 2009
				WO	2008025439	A1	06 March 2008
BE	830574	A	24 December 1975	BE	830574	A	24 December 1975
				JP	S5118445	A	14 February 1976
				JP	S5647571	B2	10 November 1981
				US	3940759	A	24 February 1976
US	3967198	A	29 June 1976	NONE			
WO	2017032750	A1	02 March 2017	GB	2541468	A	22 February 2017
				US	2018267006	A1	20 September 2018
				WO	2017032750	A1	02 March 2017

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2021/068889

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01N33/00 A01G7/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01N A01G		
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	DE 10 2006 041127 B3 (PETER OSYPKA STIFTUNG STIFTUNG [DE]) 6 mars 2008 (2008-03-06) abrégé; figure 1	1-10
A	BE 830 574 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION) 24 décembre 1975 (1975-12-24) abrégé; figure 1 ----- -/--	1-10
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 30 septembre 2021		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 08/10/2021
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 Gilow, Christoph

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	COMPARINI DIEGO ET AL: "Stem electrical properties associated with water stress conditions in olive tree", AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 234, 17 mars 2020 (2020-03-17), XP086106748, ISSN: 0378-3774, DOI: 10.1016/J.AGWAT.2020.106109 [extrait le 2020-03-17] Section 2.4; figure 5 -----	1-10
A	US 3 967 198 A (GENSLER WILLIAM G) 29 juin 1976 (1976-06-29) abrégé; figures 2,3 -----	1-10
A	WO 2017/032750 A1 (VIVENT SÁRL [CH]) 2 mars 2017 (2017-03-02) page 36, ligne 4 - page 41, ligne 34; figures 5,7 -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2021/068889

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102006041127 B3	06-03-2008	DE 102006041127 B3	06-03-2008
		EP 2056663 A1	13-05-2009
		US 2009278555 A1	12-11-2009
		WO 2008025439 A1	06-03-2008

BE 830574 A	24-12-1975	BE 830574 A	24-12-1975
		JP S5118445 A	14-02-1976
		JP S5647571 B2	10-11-1981
		US 3940759 A	24-02-1976

US 3967198 A	29-06-1976	AUCUN	

WO 2017032750 A1	02-03-2017	GB 2541468 A	22-02-2017
		US 2018267006 A1	20-09-2018
		WO 2017032750 A1	02-03-2017
