



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34932 B1**
- (51) Cl. internationale : **F21S 13/10; F21S 9/00;  
F21W 131/103; H04L 12/12;  
H05B 37/02**
- (43) Date de publication : **01.03.2014**
- 
- (21) N° Dépôt : **35142**
- (22) Date de Dépôt : **10.08.2012**
- (71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE INTERNATIONALE DE RABAT, PARC TECNOPOLIS RABAT SHORE  
CAMPUS UNIVERSITAIRE UIR ROCADE RABAT SALE 11100 SALA ELJADIDA (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **BEN ABDELLAH Abdellatif ; EL OUHABI Mohamed ; BOUYA Mohsine ; LAGHMICH  
Tarik ; CHERKAOUI Mohammed ; FAQIR Mustapha**
- (74) Mandataire : **BOUYA MOHSINE**
- 
- (54) Titre : **SYSTEME D'ECLAIRAGE SOLAIRE A HAUTE EFFICACITE ET A CONTROL  
INTELLIGENT DE PLUSIEURS ETAGES DE CHARGE**
- (57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION CONCERNE UN LAMPADAIRE À BASE DE LEDS HAUTE LUMINANCE ÉQUIPÉ D'UN PANNEAU SOLAIRE ET D'UN CONTRÔLEUR DE CHARGE DE BATTERIES, MODIFIÉ DE FAÇON À PERMETTRE L'EXPLOITATION OPTIMALE DE LA PUISSANCE FOURNIE PAR LE PANNEAU SOLAIRE, ET PERMETTANT DE SUPERVISER À DISTANCE L'ENSEMBLE DES LAMPADAIRES. CETTE OPTIMISATION EST RÉALISÉE GRÂCE À LA MISE EN OEUVRE D'UN ASSERVISSEMENT DE CHARGE DE DEUX BATTERIES PLACÉES EN SÉRIE. CET ASSERVISSEMENT EST RÉALISÉ PAR UN MICROCONTRÔLEUR QUI ASSURE LE CHARGEMENT EFFICACE DES BATTERIES EN INTÉGRANT LE PRINCIPE DU SUIVIE DU POINT MAXIMUM DE PUISSANCE (MAXIMUM POWER POINT TRACKING). LA GESTION THERMIQUE DES JONCTIONS EST AUSSI PRISE EN CHARGE GRÂCE À UN BON DIMENSIONNEMENT DES DISSIPATEURS ET UNE ADAPTATION DE LA PUISSANCE TRANSMISE AUX LEDS EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE. LE LAMPADAIRE EST ÉQUIPÉ D'UN TRANSMETTEUR RADIOFRÉQUENCE CONNECTÉ AU MICROCONTRÔLEUR ET PERMETTANT DE SUPERVISER L'ENSEMBLE DES LAMPADAIRES À DISTANCE, CONSTITUANT UN RÉSEAU DE CAPTEURS SANS FIL (WIRELESS SENSOR NETWORK OU WSN). CETTE TECHNIQUE ASSURE UNE LONGUE DURÉE DE VIE GRÂCE AUX FONCTIONS DE SURVEILLANCE DU SYSTÈME ET DE CONTRÔLE INTELLIGENT. LE LAMPADAIRE EST AUSSI ÉQUIPÉ D'UN

TRANSDUCTEUR ULTRASONIQUE PERMETTANT D'EMPÊCHER LES OISEAUX DE SE RAPPROCHER, GARANTISSANT AINSI LA PROPRIÉTÉ ET LA TRANSPARENCE DU PANNEAU SOLAIRE. DANS LES ZONES EXPOSÉES À LA POUSSIÈRE, COMME LES CHANTIERS DE CONSTRUCTIONS, OU LES ZONES DÉSERTIQUES FRÉQUEMMENT EXPOSÉES À DES TEMPÊTES DE SABLE, ON AJOUTE UN DÉTECTEUR DE POUSSIÈRE QUI ACTIVE UN DISPOSITIF DE VIBRATION POUR DÉPOUSSIÉRER LA SURFACE DU PANNEAU SOLAIRE.

**Système d'éclairage solaire à haute efficacité et à control intelligent de plusieurs étages de charges**

34932  
01 MARS 2014

**Abrégé de l'invention**

La présente invention concerne un lampadaire à base de LEDs haute luminance équipé d'un panneau solaire et d'un contrôleur de charge de batteries, modifié de façon à permettre l'exploitation optimale de la puissance fournie par le panneau solaire, et permettant de superviser à distance l'ensemble des lampadaires. Cette optimisation est réalisée grâce à la mise en œuvre d'un asservissement de charge de deux batteries placées en série. Cet asservissement est réalisé par un microcontrôleur qui assure le chargement efficace des batteries en intégrant le principe du suivie du point maximum de puissance (Maximum Power Point Tracking).

La gestion thermique des jonctions est aussi prise en charge grâce à un bon dimensionnement des dissipateurs et une adaptation de la puissance transmise aux LEDs en fonction de la température.

Le lampadaire est équipé d'un transmetteur radiofréquence connecté au microcontrôleur et permettant de superviser l'ensemble des lampadaires à distance, constituant un réseau de capteurs sans fil (Wireless Sensor Network ou WSN). Cette technique assure une longue durée de vie grâce aux fonctions de surveillance du système et de contrôle intelligent.

Le lampadaire est aussi équipé d'un transducteur ultrasonique permettant d'empêcher les oiseaux de se rapprocher, garantissant ainsi la propreté et la transparence du panneau solaire.

Dans les zones exposées à la poussière, comme les chantiers de constructions, ou les zones désertiques fréquemment exposées à des tempêtes de sable, on ajoute un détecteur de poussière qui active un dispositif de vibration pour dépeussier la surface du panneau solaire.

## Domaine de l'invention

La présente invention concerne le domaine de l'éclairage à base de diodes électroluminescentes, (anglais: Light Emitting Diodes) ou LEDs, alimentées par l'énergie solaire. L'éclairage à LED présente plusieurs avantages, tels qu'une faible consommation de puissance, longue durée de vie, une réponse rapide et un encombrement réduit grâce à la petite taille des LEDs.

Cette invention intègre les dernières avancées scientifiques et innovations technologiques dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique appliquées à l'éclairage, en capitalisant sur certains acquis en matière d'ingénierie en électricité, d'électronique, de programmation et de télécommunication. Les caractéristiques qui démarquent ce système d'éclairage, par rapport à l'existant, sont détaillées dans la suite de ce descriptif.

Le modèle décrit ici est un lampadaire solaire autonome à haute efficacité énergétique, comparé aux produits similaires, et nécessitant très peu d'entretien. Il est destiné à remplacer les lampadaires conventionnels placés dans les lieux publics : routes, places, jardins, etc.

Des variantes de ce système peuvent remplacer l'éclairage résidentiel et industriel, aussi bien que l'éclairage des grandes surfaces : chantiers, stades, ports, aéroports, etc.

## Description de l'art antérieur

Les lampadaires solaires autonomes qui existent actuellement se composent essentiellement d'un panneau solaire, d'une batterie accumulateur, d'une matrice de LEDs et de modules électroniques pour contrôler le chargement/déchargement de la batterie et adapter l'alimentation électriques aux LEDs

Il existe aussi des lampadaires éoliens qui utilisent une petite éolienne comme source d'alimentation. Etant donné que l'énergie éolienne est aléatoire, le recours à ce système est très rare car il nécessite une ressource en vent régulière et constante tout au long de l'année.

Enfin les lampadaires hybrides utilisant à la fois l'énergie éolienne et l'énergie solaire comme source d'alimentation en énergie.

Les principales problématiques liées à l'éclairage LED autonome sont :

- l'extraction du maximum de puissance fournie par le panneau photovoltaïque, qui a un impact direct sur l'autonomie des batteries,
- la gestion efficace et optimale de charge et décharge des batteries avec détection des seuils critiques,
- la gestion thermique des jonctions : le flux lumineux des LEDs baisse en fonction de l'augmentation de la température des jonctions, ce qui limite l'exploitation de cette technologie et impose un dimensionnement spécifique des dissipateurs thermiques qui ne résout que partiellement le problème.

## Réalisations préférentielles et description des dessins

L'architecture du système comprend selon la fig. 2 :

- un panneau solaire (1),
- des LEDs à haute luminance, ou HBLEDs (High Brightness LEDs) (4),
- deux batteries au plomb-acide de 12V arrangées en série (3). L'utilisation de batterie lithium-ion est envisageable,
- un microcontrôleur (2) qui pilote la charge et la décharge des batteries,
- un régulateur de tension DC-DC (5) pour les LEDs (4),
- un transmetteur radiofréquence (8) relié au microcontrôleur (2), et qui transmet l'état du circuit en temps réel vers un serveur web,
- un détecteur de poussière (10) associé à un vibreur (11), permettant d'éliminer la poussière, et placé en option dans quelques zones,
- un dispositif émetteur de fréquences ultrasonique (9) qui a un effet répulsif pour les oiseaux, qui peuvent obstruer la transparence des panneaux solaires,
- une photorésistance associée à un conditionneur qui permet l'allumage des LEDs lorsque la luminosité diminue,
- une thermistance permettant de lire la température des jonctions des LEDs.

Le synoptique du système est représenté dans la Fig. 2 : le panneau solaire, les batteries, les LEDs, le capteur de lumière, le transmetteur sans fil, se connectent au contrôleur et permettant la gestion

complète du lampadaire. La photorésistance contrôle la lumière ambiante en activant le système au crépuscule et en l'arrêtant au lever du soleil.

Selon Fig. 5, le circuit principal du système est composé d'un microcontrôleur, autour duquel orbitent un transmetteur sans fil, des convertisseurs DC-DC, une thermistance NTC (Negative Temperature Coefficient), une photorésistance LDR (Light-Dependent Resistor), un optocoupleur, des relais électroniques MOSFET, des amplificateurs opérationnels, un transducteur ultrasonique et son circuit d'émission, des diodes, des résistances et des condensateurs.

Le contrôleur permet de gérer les fonctions de charge et de décharge de batteries en suivant le point maximum de puissance délivrée par le générateur photovoltaïque. Il assure l'alimentation de l'éclairage LED à 12V avec une puissance constante. Le meilleur rendement est obtenu lorsque la puissance délivrée par le panneau photovoltaïque est maximale.

Lorsque la température ambiante varie de 0 à 40 °C, l'éclairage LED varie légèrement (1.7%) pour le pilotage à puissance constante, par rapport à celle du pilotage à courant constant (12%) et le pilotage à tension constante (+50 %).

La restriction sur le nombre de watts d'éclairage et la durée d'utilisation dépend principalement des panneaux solaires et leur capacité à recharger les batteries. Un panneau solaire de 10W est idéal pour recharger deux batteries 12V partiellement déchargées, en supposant la disponibilité du soleil pendant au moins six heures/jour.

Les batteries seront sérieusement endommagées ou rendues inopérantes si elles sont complètement déchargées et/ou laissées dans un état déchargé. Par conséquent, nous avons inclus une logique de détection de seuil de charge. Si les batteries se déchargent au-dessous de 11V, les LEDs s'éteignent.

Pour extraire le maximum de puissance du panneau photovoltaïque, la résistance d'entrée du convertisseur d'énergie doit être adaptée à la résistance de sortie du panneau PV.

Le microcontrôleur ajuste le courant de sortie fourni à la charge de telle sorte que la tension du panneau PV soit celle qui est fixée par la broche de contrôle du point de puissance maximum. En conséquence, une résistance de programmation établit le point de puissance maximum, assure l'extraction du maximum de puissance du panneau PV et un courant de charge optimal en sortie.

Le chargement des batteries se fait en trois étapes. La première étape, chargement en vrac, est appliquée lorsque la tension de la batterie descend en dessous de 12.45V. Ce cycle de charge transfère une puissance maximale du panneau solaire vers les batteries jusqu'à ce que la tension atteigne 14,4V à 20°C.

Ensuite, la phase d'absorption, où la batterie est maintenue à la tension de seuil pendant une heure, afin de s'assurer que la batterie est chargée complètement. Après cela, la tension de fin de charge : la batterie est chargée, on maintient cependant une tension de 13.5V à ses bornes. Une batterie qui a été déchargée en dessous de 10,5 V sera chargée à l'aide de courtes impulsions de courant jusqu'à ce qu'elle atteigne 10,5 V, ensuite la phase de charge principale va commencer.

Les valeurs maximales de tensions de charge sont réduites pour des températures supérieures à 20°C, en conformité avec les spécifications des fabricants de batteries. Typiquement, il s'agit 19mV par °C pour une batterie 12V.

Deux de batteries de 50Ah et 12V en série donneront 100Ah-12V. Mais pour les montages en parallèle, il est impératif que les deux batteries soient parfaitement identiques : même capacité, même résistance interne, même fabricant, même antécédents, etc. Sinon, on risque d'avoir la plus faible dépérir au profit de l'autre : sa résistance interne augmentera et la batterie en meilleurs conditions prendra la plus grande part du courant de charge, ce qui ne fera qu'à accentuer le

déséquilibre. On préférera donc le montage en série (addition de tensions), au montage en parallèle (addition de capacités).

Les batteries utilisées sont adaptées aux applications photovoltaïques. Elles ont des propriétés anticorrosion grâce à des plaques positives épaisses de très bonne résistance, favorisent la décharge lente. Ayant une bonne réserve d'électrolyte et un bouchon à recyclage qui évitent les pertes par temps chaud. Robustes et économiques, moyennant une surveillance des niveaux chaque six mois, elles peuvent durer plus de 10 ans.

La température des jonctions de LEDs est mesurée à l'aide d'une thermistance NTC (Coefficient de Température Négatif) située à côté des LEDs, pour une mesure de température plus précise. Les flux lumineux et les rendements des LED donnés par les fabricants sont valables pour une température de jonction de 25°C. Dans la pratique, les valeurs réelles sont toujours plus basses. Les LEDs fonctionnent toujours mieux à mesure que leur température diminue.

Le système est conçu pour optimiser la puissance fournie par le panneau solaire. Comme le montre la Fig. 3, un panneau solaire fournit en sortie des valeurs de courant et de tension qui suivent la courbe. Ces valeurs s'étendent du point maximal du courant de sortie en court-circuit  $I_{sc}$  jusqu'à la tension maximale lorsque la sortie est ouverte  $V_{oc}$ .

C'est l'association du photogénérateur avec la batterie qui oblige le photogénérateur à travailler à un certain courant et à une certaine tension. Contrairement à une idée couramment répandue, le panneau photovoltaïque est donc plutôt un générateur de courant qu'un générateur de tension, au moins dans la partie exploitable de sa caractéristique entre le  $I_{sc}$  et le  $P_m$ , car c'est le courant qui est constant et non la tension. Au-delà du  $P_m$ , le photogénérateur n'est pas exploitable, car la puissance chute très vite.

Lors du couplage du photogénérateur à la batterie, c'est la tension de la batterie qui impose le point de fonctionnement. Le panneau solaire fonctionne à plein rendement quand il fournit l'énergie au maximum. Et c'est là où la technique du suivi du point maximum de puissance entre en scène. Il s'agit essentiellement d'un convertisseur de puissance à découpage step-down, qui couple la puissance disponible à partir du panneau solaire à la batterie avec une perte de puissance minimale. Au même temps, il offre trois étages de charge pour les batteries.

Le principe est expliqué dans la Fig. 5. Le courant du panneau solaire traverse la diode D4 et le relais électronique Q4. Lorsque Q4 est passant, le courant circule dans l'inductance L1 vers le condensateur C12 et les batteries. Le champ magnétique induit dans la bobine augmente (le courant augmente jusqu'à sa valeur maximale) et après une courte période, Q4 est éteint et l'énergie stockée dans L1 maintient le flux du courant par l'intermédiaire de la diode D7.

Le rapport cyclique du relais électronique Q4 est commandé de façon à ce que le panneau solaire délivre sa puissance maximale à travers la broche RB3 du microcontrôleur. Le courant crête dans l'inductance est fourni par le condensateur C11 de 470µF. De la même manière, le condensateur C12 agit comme un réservoir pour charger la batterie lorsque le courant ne circule pas dans la bobine d'inductance. Par ailleurs, ces condensateurs ont une faible résistance série effective ESR, adaptée à la fréquence de commutation 31.24kHz.

La tension du panneau solaire est surveillée par l'amplificateur opérationnel IC2a, tandis que le courant est contrôlé en mesurant la tension aux bornes d'une résistance 0.1Ω. Cette tension est multipliée par -50 à l'aide de l'amplificateur opérationnel IC2b. Ces deux amplificateurs opérationnels fournissent leurs signaux de sortie microcontrôleur IC qui contrôle l'ensemble du circuit.

L'algorithme de poursuite de points de puissance maximale est entièrement automatisé et ne nécessite aucun réglage de l'utilisateur. Le firmware du microcontrôleur a été programmé pour

rechercher le point de puissance maximale du panneau solaire au fur et à mesure que celui-ci varie en fonction des conditions météorologiques

Les batteries utilisées se caractérisent par la tension nominale qui dépend du nombre d'éléments, la tension nominale  $U$  est égale au nombre d'éléments multiplié par 2,1 V. Généralement on considère qu'un accumulateur au plomb est déchargé lorsqu'il atteint la tension de 1,8 V par élément, donc une batterie de 6 éléments ou 12 V est déchargée, lorsqu'elle atteint la tension de 10,8 V.

Dans une réalisation préférée, on envisage l'utilisation de batterie en lithium-ion, plus compacte et moins encombrantes.

Pour le chargement, nous utilisons le découpage step-down précédemment décrit à la Fig 5. Q4 est un transistor MOSFET à canal P qui commute avec la grille (G) de tension négative par rapport à la source (S). La tension à la source de Q4 (à partir du panneau solaire et la diode D4) peut aller jusqu'à environ 21V quand le panneau solaire ne fournit pas de courant.

La grille est maintenue à une tension négative par rapport à la source par l'intermédiaire du transistor Q2, la résistance R21 et la diode D6. Le Transistor Q6 est commandé par modulation de largeur d'impulsion MLI par la sortie RB3 de IC (broche 9) par l'intermédiaire d'une résistance 4.7k $\Omega$  (R16).

Lorsque RB3 est à 5V, Q6 est mis en marche et le MOSFET Q4 est donc mis sous tension. La résistance 10 $\Omega$  (R20) au collecteur de Q6 limite le courant initial au niveau de la diode Zener ZD1 au cas où la tension de grille de Q4 est supérieure à 18V. Cette diode Zener protège la porte G de Q4 contre les surtensions ; une surtension au niveau du transistor Q6 le rendra loqué.

Lorsque la sortie de RB3 est à 0V, le transistor Q6 se bloque, et la base de Q1 se met en contact avec la source de Q4 via une résistance de 10k $\Omega$  (R22). Le transistor Q1 devient passant et met en contact la grille de Q4 avec sa source, et par conséquent Q4 se bloque. C'est ainsi qu'on commande la commutation on/off du transistor Q4 à travers la broche RB3 de IC. La fréquence de commutation qui assure le transfert optimal de la puissance est 31.24kHz.

La tension de la batterie est contrôlée par la broche AN2 de IC1 via l'optocoupleur IC3 et le diviseur résistif constitué d'une résistance 22k $\Omega$  et d'un potentiomètre VR2 de 20k $\Omega$ . Ce potentiomètre est ajusté de telle sorte que la tension apparaissant à AN2 est 0,3125 fois la tension de la batterie. Ce facteur multiplicatif de la tension a été choisi pour ne pas dépasser la limite de 5V de l'entrée analogique AN2, par exemple, une tension de 14V aux bornes de batterie sera converti en seulement 4.375V.

Le diviseur résistif n'est pas directement relié à la batterie, mais par l'intermédiaire du transistor de l'optocoupleur IC3, qui relie la batterie au diviseur à chaque fois que la LED de IC3 est activée. Le voltage entre le collecteur et l'émetteur du transistor a un effet minime sur la mesure de la tension de la batterie, car il n'est que d'environ 200 $\mu$ V. La tension divisée, proportionnelle à celle des batteries, est convertie en une valeur numérique par le programme logé dans le microcontrôleur IC.

La diode de l'optocoupleur est entraîné à partir de l'alimentation 5 V à travers une résistance de 470 $\Omega$  (R23) et à 0V lorsque le MOSFET Q3 est activé. La thermistance NTC forme un diviseur de tension avec une résistance de 10k $\Omega$  lorsque Q3 est activé. L'entrée AN6 d (broche 1) lit cette tension et la convertit en une valeur en degrés Celsius. Au même temps, l'entrée AN1 (broche 18) lit la valeur du potentiomètre R26 qui se connecte à l'alimentation 5V lorsque Q3 est activé. Les entrées AN1 et AN6 sont converties en mV/°C. Elles peuvent varier de 0mV/°C lorsque R26 est à 0V à 50 mV/°C lorsque R26 est à 5V.

La modulation par largeur d'impulsion MLI (Pulse Width Modulation PWM) fait partie du bloc interne du microcontrôleur : le CCP ou Capture/Compare/PWM permet de gérer l'énergie transmise à



l'extérieure. En effet, si un signal continu correspond à 100% d'énergie, un signal carré dont la durée d'état haut égal à celle d'état bas correspond à 50% d'énergie. Le pourcentage d'énergie transmis se calcule en faisant le rapport de la durée de l'état haut sur la durée de la période.

Deux formules permettent de calculer la durée de la période et la largeur de l'impulsion :

$$\text{Période} = (PR2+1) \times 4 \times T_{osc} \times (\text{Prédiviseur Timer 2})$$

$$\text{Largeur} = (10 \text{ bits}) \times T_{osc} \times (\text{Prédiviseur Timer 2})$$

$T_{osc}$  est la période de l'oscillateur servant d'horloge au microcontrôleur. Les 10 bits correspondent à l'octet du registre CCPR1L et les 2 bits de DC1BX.

Les MOSFET Q2, Q3 et Q4 jouent le rôle de relais électroniques, qui présentent dans cette situation beaucoup d'avantages comparé au relais électromécanique ; une meilleure vitesse de commutation, un fonctionnement silencieux et une insensibilité aux vibrations.

### Fonctionnement en réseau Fig. 4 et Fig. 1

Les données collectées par les nœuds (transmetteurs et microcontrôleurs) sont acheminées grâce à un routage multi-saut Fig. 1 (1) à un nœud considéré comme un "point de collecte" (sink), qui à son tour, transmet les informations vers le réseau internet pour être supervisées Fig. 1 (2). Cela permet de monitorer le réseau des lampadaires et de détecter si une batterie est défectueuse. Ce réseau peut être exploité, dans une autre réalisation, comme une infrastructure de gestion de trafic par exemple.

La connexion aux nœuds du réseau se fait grâce aux informations relayées de proche en proche par les nœuds de communication du réseau maillé (mesh). C'est le standard industriel Zigbee qui est adopté ici ; le protocole 802.15.4 utilisé par le module transmetteur ajoute aux paquets des données transmises, une adresse de la source et une adresse du destinataire.

Les modules transmetteurs nécessitent une configuration préalable pour fonctionner suivant un mode avec Coordinateur (Sink). Un module est le coordinateur du réseau, qu'il faut l'initialiser avec quelques paramètres particuliers, les autres modules seront des "End Device". On configure ainsi un réseau LAN (Local Area Network) entre chaque deux transmetteurs. Chaque module du LAN aura un identificateur id qui sera le même pour tout le LAN. Un "End Device" pourra s'associer à un coordinateur dans un LAN, sans en connaître ni le LAN id (identificateur du réseau local) ni le canal Radio Fréquence. La flexibilité de l'association est configurée par la valeur du paramètre A1 pour le "End Device" et par le paramètre A2 pour le "Coordinateur".

Les transmetteurs utilisés fonctionnent avec une fréquence 2.4 GHz ne nécessitant pas de licence. Et s'alimentent avec une tension de 3.3V. Nous utilisons un régulateur de tension de sortie 2,8 - 3.4V. Les résistances associées permettent de commander cette tension suivant la formule (Fig. 5) :

$$V_{out} = V_{in} (1 + R4/R1).$$

Le courant de repos consommé par le montage est faible, et dû principalement aux différents capteurs qui équipent le système.

## Revendications

Les réalisations de l'invention, au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont comme il suit:

1. Système d'éclairage solaire à haute efficacité énergétique, basé sur le suivi automatique du point maximum de puissance délivrée par le générateur photovoltaïque, et chargement de deux batteries en série en trois phases avec compensation automatique de la puissance dissipée par effet joule dans les LEDs.
2. Système de fonctionnement des lampadaires en réseau de capteurs sans fil permettant le contrôle de ceux-ci via le réseau internet.
3. Dispositif de communication entre les lampadaires, selon revendications 2, où chaque lampadaire est considéré comme un nœud de communication dans un réseau maillé, assurant la transmission des informations par sauts successifs jusqu'au point de contrôle. Ladite transmission est assurée grâce à la coordination de transmetteurs sans fil et de microcontrôleurs. Les informations relayées sont acheminées vers un transmetteur "Coordinateur" qui retransmet les données vers un serveur à travers le réseau internet.
4. Dispositif de maintien de la transparence des panneaux PV, incluant un circuit transducteur ultrasonique, un détecteur de poussière et un vibreur.
5. Système de transduction ultrasonique selon revendication 4, constitué d'un émetteur et d'un récepteur et permettant de détecter l'approche des oiseaux. Les fréquences ultrasoniques sont ajustées de telle sorte à causer un effet répulsif.
6. Dispositif pour dépeussier la surface des panneaux photovoltaïque, selon revendication 4, placé en option et incluant un capteur de poussière et un vibreur.

Figures

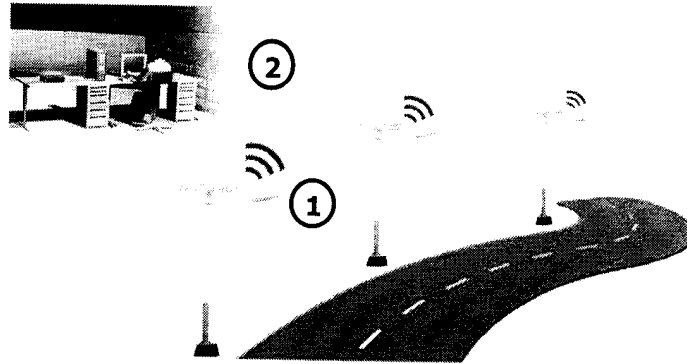


Fig. 1 - vue générale

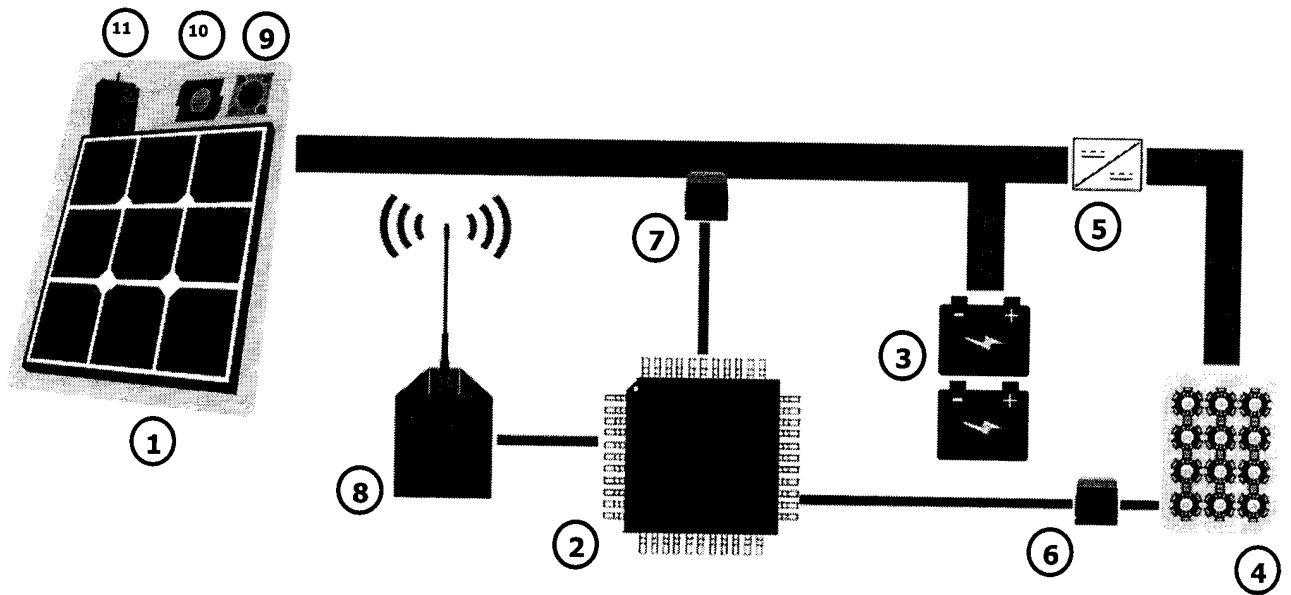


Fig. 2 - Synoptique du système

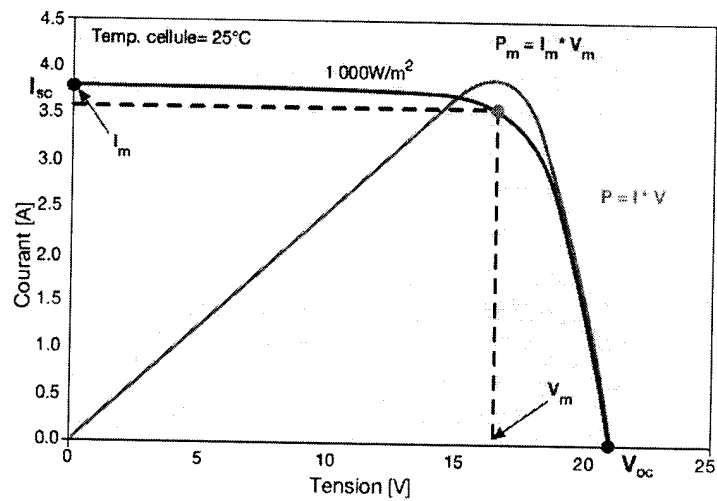


Fig. 3 - Caractéristique courant-tension d'un générateur PV

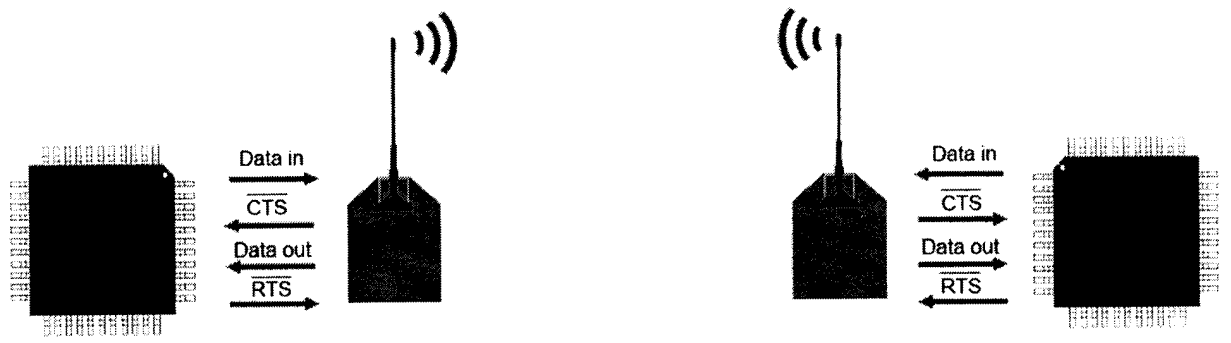


Fig. 4 : Echange de données entre le transmetteur et le microcontrôleur

Fig. 5 : Circuit électronique du contrôleur

