

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 51963 B2** (51) Cl. internationale : **H04B 10/11; H04B 10/11**
- (43) Date de publication : **29.02.2024**

-
- (21) N° Dépôt : **51963**
- (22) Date de Dépôt : **30.12.2020**
- (71) Demandeur(s) : **MASCIR (MOROCCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH), RABAT DESIGN CENTER, RUE MOHAMED EL JAZOULI, MADINAT AL IRFANE RABAT 10100 (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **BOURZEIX FRANCOIS ; NAGGAR OTHMANE**
- (74) Mandataire : **ABDELHAQ AMMANI**

-
- (54) Titre : **Système de détection du bon fonctionnement des lampadaires d'éclairage public en utilisant de l'imagerie satellite**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne un système automatisé de gestion de l'éclairage public. Particulièrement, elle concerne un système de détection du bon fonctionnement des lampadaires de l'éclairage public en utilisant des images satellitaires. Le système est composé de trois modules, un module d'acquisition d'image satellite de nuit un module de traitement d'images pour la détection des halos des lampadaires et un module d'affichage de l'état des lampadaires avec la localisation.

Système de détection du bon fonctionnement des lampadaires d'éclairage public en utilisant de l'imagerie satellite

Abrégé :

La présente invention concerne un système automatisé de gestion de l'éclairage public. Particulièrement, elle concerne un système de détection du bon fonctionnement des lampadaires de l'éclairage public en utilisant des images satellitaires. Le système est composé de trois modules, un module d'acquisition d'image satellite de nuit un module de traitement d'images pour la détection des halos des lampadaires et un module d'affichage de l'état des lampadaires avec la localisation.

(Figure 4)

Système de détection du bon fonctionnement des lampadaires d'éclairage public en utilisant de l'imagerie satellite

DOMAINE DE L'INVENTION

5 Cette invention rentre dans le domaine des systèmes automatisés de gestion de l'éclairage public. Particulièrement, elle concerne un système de détection du bon fonctionnement des lampadaires de l'éclairage public en utilisant des images satellitaires.

10 ETAT DE L'ART ET AVANTAGE DE L'INVENTION

Les réseaux d'éclairage public existants n'effectuent qu'un éclairage passif des espaces publics sur toute la durée de leur fonctionnement. Il n'y a pas d'interaction entre ses lampadaires et le centre de gestion de l'éclairage public. Il existe dans le marché actuellement des lampadaires intelligents connectées qui permettent de
15 communiquer avec le réseau mais elles nécessitent une infrastructure spéciale. La majorité des lampadaires de route sont du type passif et le seul moyen de savoir leur fonctionnement et de se déplacer sur place ou sur réclamation des citoyens.

La croissance urbaine signifie l'investissement des villes dans de nouvelles lampadaires ce qui accroît le nombre de lampadaires à suivre. Une solution qui permet
20 de détecter en un shot les lampadaires non fonctionnelles va permettre de détecter instantanément les lampadaires défectueux et redirige les efforts vers le diagnostic et le changement de ces lampadaires directement au lieu des passer des jours à circuler dans la ville pour faire le contrôle.

25

En raison de l'expansion du domaine urbain et des routes, le nombre de lampadaires installés augmentent chaque jour et avec lui le nombre de lampadaires à superviser.

Dans la majorité des cas, il s'agit de l'installation de lampadaires passifs mais il existe dans le marché actuellement de nouvelles technologies de lampadaires intelligentes
30 qui permettent d'envoyer des alertes sur le fonctionnement. Néanmoins ces

lampadaires intelligents nécessitent une infrastructure réseau dédié. Nous citons par exemple les brevets :

EP2165578B1 décrit un dispositif de détection d'un défaut d'au moins un lampadaire d'une pluralité de lampadaires pouvant être connectés en commun à une alimentation en courant alternatif est proposé. Le dispositif proposé permet de détecter si un défaut s'est produit à partir de l'obtention de mesures représentatives de la puissance totale active et réactive fournie par l'alimentation alternative à la pluralité de lampadaires, et de détecter des variations de ces mesures. En option, le type de défaut peut également être déterminé sur la base des variations détectées dans les mesures de puissance.

10 CN105517294A décrit un système de lampadaires intelligent basé sur l'Internet des objets. Le système comprend un serveur, un dispositif de gestion d'énergie intelligent, des contrôleurs intégrés de réverbère, des boîtiers de commande à une seule lampe, des mâts et des lampes, dans lequel le dispositif de gestion intelligente de l'énergie, les contrôleurs intégrés de réverbère et les boîtiers de commande à une seule lampe sont connectés sans fil via l'Internet des objets par le serveur, le serveur et le dispositif de gestion intelligente de l'énergie sont installés dans un centre de surveillance, les contrôleurs intégrés de réverbère sont installés dans des boîtiers d'appareils électriques de réverbère au coin de la rue de chaque tronçon de route, la commande à une seule lampe des boîtes sont disposées des deux côtés de la rue et le serveur est contrôlé par un ordinateur ou un téléphone mobile; chaque boîtier de commande à lampe unique comprend un module de radiofréquence sans fil de 2,4 G, un module d'alimentation intelligent, un capteur complet de l'Internet des objets et un contrôleur de nœud à lampe unique. Le contrôle de l'allumage et de l'extinction, de la gradation, de la détection et de la gestion d'une seule lampe ou de plusieurs lampes peut être réalisé à distance. Les informations, y compris la tension, le courant, la température et l'éclairage, des lampadaires sont acquises en même temps, et la base est fournie pour le diagnostic de l'état de la lampe à distance et l'avertissement de panne.

30 US8598986B2 concerne un procédé de surveillance et de commande à distance d'un éclairage public à base de diodes électroluminescentes (LED). Dans un mode de réalisation, le procédé comprend l'établissement d'un chemin de communication bidirectionnel via un module de communication vers un bureau central, dans lequel

ledit module de communication est couplé audit réverbère à LED et l'envoi d'informations relatives audit réverbère à LED audit bureau central via ledit chemin de communication bidirectionnel.

5 Pour pallier les inconvénients de l'art antérieur, la présente invention se distingue, par rapport à l'existant, par le fait qu'elle ne nécessite aucun changement au niveau de l'infrastructure ni le type de lampadaires, elle se base sur un système intelligent de traitement des images satellites prises de nuits et du halo des lampadaires pour détecter l'état de leur fonctionnement.

10 **La suite de la description sera faite en référence aux figures données à titre indicatif.**

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES :

15 Fig.1 : présente une vue générale du système qui se compose de trois modules essentiels :

Fig.2 : Présentation du module d'acquisition d'image satellite de nuit

Fig.3 : Présentation du de traitement d'images pour la détection des halos des lampadaires

20 Fig.4 : Un module d'affichage de l'état des lampadaires avec la localisation

EXPOSE DETAILLE DE L'INVENTION :

25 L'invention objet de ce brevet est un système qui sert à détecter et localiser les lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit et le traitement d'images. Ce système est composé d'une unité de traitement géré par un algorithme pour le traitement des données des images satellites.

30 Le système est composé de trois modules :

1 - Un module d'acquisition d'image satellite de nuit

2 - Un module de traitement d'images pour la détection des halos des lampadaires.

3 - Un module d'affichage de l'état des lampadaires avec la localisation.

Tel qu'illustré à la figure 1, le **premier module** prend en entrée un fichier de géolocalisation de la région sur laquelle nous voulons vérifier les lampadaires ainsi que la date à laquelle l'image est prise et télécharge par la suite l'image satellite de nuit correspondante de l'un des fournisseurs d'imagerie satellite du marché.

Le **deuxième module** comme le montre la figure 3, prend comme entrée ladite image satellite et permet de dérouler un algorithme de traitement d'images et d'intelligence artificielle qui détecte tous les halos lumineux d'une ville, ensuite grâce à la connaissance au préalable des positions des lampadaires, nous vérifions si les zones contenant des lampadaires sont lumineuses ou pas et dans le cas échéant, nous considérons que le lampadaire est éteint ou défectueux.

Les positions GPS des lampadaires d'une ville sont déjà connues. En se basant sur cette information, nous dessinons une zone de détection autour du lampadaire, car compte tenu que les images satellites sont pris de haut, nous pouvons seulement détecter la réflexion de la lumière du lampadaire sur le sol ou bien le 'halo'.

De manière informelle, la région du halo est la zone diffuse entourant l'image d'une source lumineuse. Il est approximativement délimité par la région claire et les régions non claires (diverses instances d'arrière-plan) dans l'image. Cela suggère que la région du halo doit être définie par référence à la région de la lumière.

Dans notre cas le halo est une région circulaire entourant la source lumineuse qui est le lampadaire, le rayon de ce cercle est corrélé avec la résolution de l'image satellite et donc plus la résolution augmente plus le rayon augmente et dans le cas d'une image satellite à faible résolution le rayon du cercle du halo est petit.

En particulier, une fois la région du halo (l'étendu de la réflexion de la source lumineuse sur le sol) est défini, il est possible de distinguer entre les pixels du halo, selon la mesure dans laquelle ils sont ou ne sont pas des pixels lumineux. En traitement d'images, les valeurs des pixels dans une seule bande sont entre 0 et 1.

0 correspondant aux pixels noirs et 1 aux pixels blancs.

Dans notre contexte, c'est-à-dire des images satellite de nuit ou seuls les objets lumineux sont visibles en l'absence de la lumière du soleil, un pixel de degré 0 appartiendrait à l'arrière-plan et donc à des objets non lumineux, un pixel de valeur supérieur à 0 est donc un candidat d'appartenir à un objet lumineux. En prenant en

compte les bruits des capteurs d'imagerie du satellite et les conditions météo, il est rare d'avoir un pixel de valeur 1.

Pour décider si un pixel est lumineux ou pas, nous définissons une région de luminosité défini par les seuils a_0 et a_1 avec $0 < a_0$ et $a_1 < 1$ ou a_1 est la valeur maximum d'un pixel dans une image satellite et qui forcément est inférieur à 1 et a_0 le seuil de décision si le pixel est lumineux ou pas. Avec cette définition les pixels ayant des valeurs entre a_0 et a_1 sont donc des pixels lumineux.

Les seuils a_0 et a_1 ne sont pas fixes mais variables car les intensités lumineuses des images satellites varient avec la météo et des capteurs embarqués dans le satellite et sa résolution. Une intelligence artificielle sous forme de réseau de neurones permet de déterminer ces seuils en se basant sur les valeurs moyennes des intensités des pixels pour les bandes de l'image satellite. C'est-à-dire pour chaque image satellite de nuit, tous les pixels sont noirs sauf ceux correspondant à des objets lumineux. Ces objets lumineux sont filtrés par la position des lampadaires et nous gardons seulement les halos qui correspondent aux positions des lampadaires. Nous calculons d'abord la moyenne des intensités de ces pixels et la valeur maximum a_1 . La détermination du seuil a_0 est plus complexe car les lampadaires d'une ville ne sont pas homogènes n'ont pas le même type de lampes ni le même voisinage. Le seuil a_0 est donc déterminé individuellement pour chaque lampadaire en se basant sur une image satellite de nuit de référence prise dans des conditions idéales (bonne météo et un pourcentage de nuages qui tend vers 0).

Une fois les seuils déterminés, chaque pixel du halo de chaque lampadaire est comparé à a_0 et a_1 pour décider s'il est allumé ou pas et si un nombre élevé de pixels du halo sont allumés, nous considérons que ce lampadaire est allumé.

Le troisième module est un module d'affichage qui permet à travers une interface graphique de la ville ou la région considéré d'afficher les lampadaires avec un statut : éteint/allumé. (Figure 4)

Revendications :

1. Système de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit **caractérisé en ce qu'il** comprend :
 - un module d'acquisition d'image satellite de nuit
 - 5 - un module de traitement d'images pour la détection des halos des lampadaires.
 - un module d'affichage de l'état des lampadaires avec la localisation.
2. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit **caractérisée en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :
 - 10 - l'acquisition d'image satellite de nuit
 - le traitement d'images pour la détection des halos des lampadaires.
 - l'affichage de l'état des lampadaires avec leurs localisations.
3. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit selon la revendication 2, **caractérisée en ce que**
 - 15 l'étape d'acquisition prend en entrée un fichier de géolocalisation de la région sur laquelle nous voulons vérifier les lampadaires ainsi que la date à laquelle l'image est prise et télécharge par la suite l'image satellite de nuit correspondante.
4. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit selon la revendication 2, **caractérisée en ce que**
 - 20 l'étape de traitement prend comme entrée ladite image satellite de nuit et permet de dérouler un algorithme de traitement d'images et d'intelligence artificielle qui détecte tous les halos lumineux d'une ville,
5. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit selon la revendication 4, **caractérisée en ce que**
 - 25 grâce à la connaissance au préalable des positions des lampadaires, une correspondance entre position et lampadaire est effectuée pour vérifier si les zones contenant des lampadaires sont lumineuses ou pas.

6. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** la détection se base sur la réflexion de la lumière du lampadaire dite 'halo' qui représente la zone diffuse entourant l'image d'une source lumineuse qui est délimitée par la région claire et les régions non claires dans l'image.
7. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** le halo est une région circulaire entourant la source lumineuse qui est le lampadaire, et que le rayon de ce cercle est corrélé avec la résolution de l'image satellite.
8. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit selon la revendication 7, **caractérisée en ce qu'il** est possible de distinguer entre les pixels du halo, selon la mesure dans laquelle ils sont ou ne sont pas des pixels lumineux de manière que les valeurs des pixels dans une seule bande sont entre 0 et 1 ou le zéro (0) correspondant aux pixels noirs et le un (1) aux pixels blancs.
9. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** pour décider si un pixel est lumineux ou pas, une région de luminosité est définie par des seuils variables a_0 et a_1 avec $0 < a_0$ et $a_1 < 1$ et où a_1 est la valeur maximum d'un pixel dans une image satellite et qui est forcément inférieur à 1 et a_0 le seuil de décision si le pixel est lumineux ou pas.
10. Méthode de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites de nuit selon la revendication 10, **caractérisée en ce qu'une** intelligence artificielle sous forme de réseau de neurones permet de déterminer les seuils a_0 et a_1 en se basant sur les valeurs moyennes des intensités des pixels pour les bandes de l'image satellite de manière à ce que pour chaque image satellite de nuit, tous les pixels sont noirs sauf ceux correspondant à des objets lumineux, lesdits objets lumineux sont filtrés par la position des lampadaires pour ne garder que les halos qui correspondent aux positions des lampadaires.

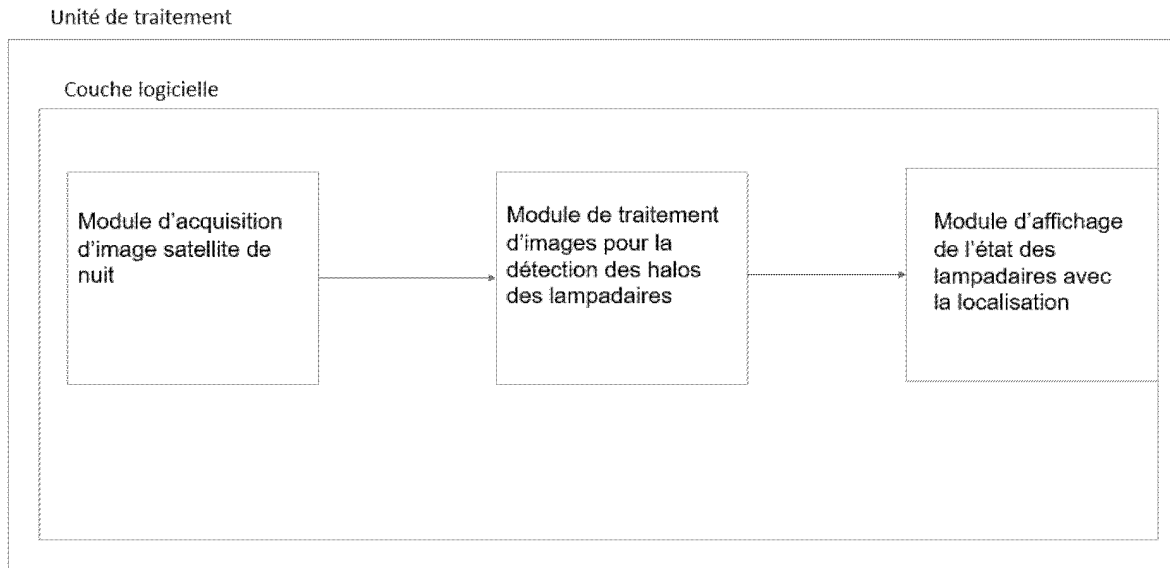


Fig.1

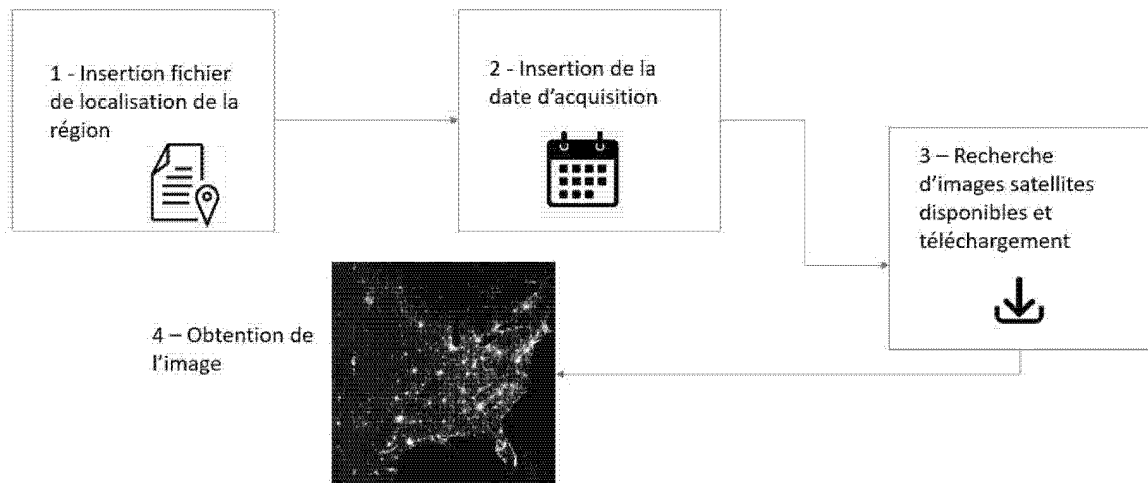


Fig.2

2/2

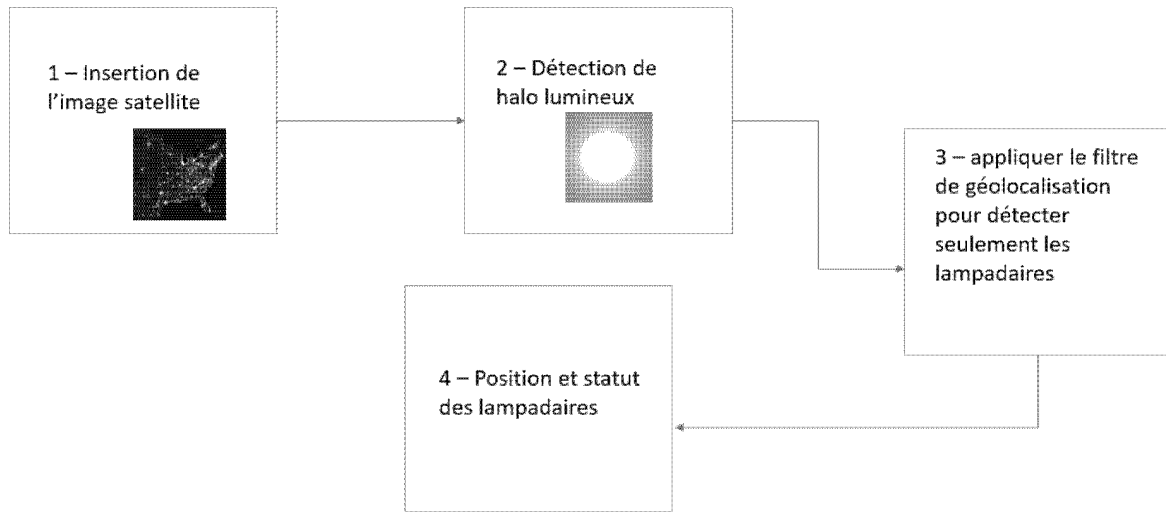


Fig.3

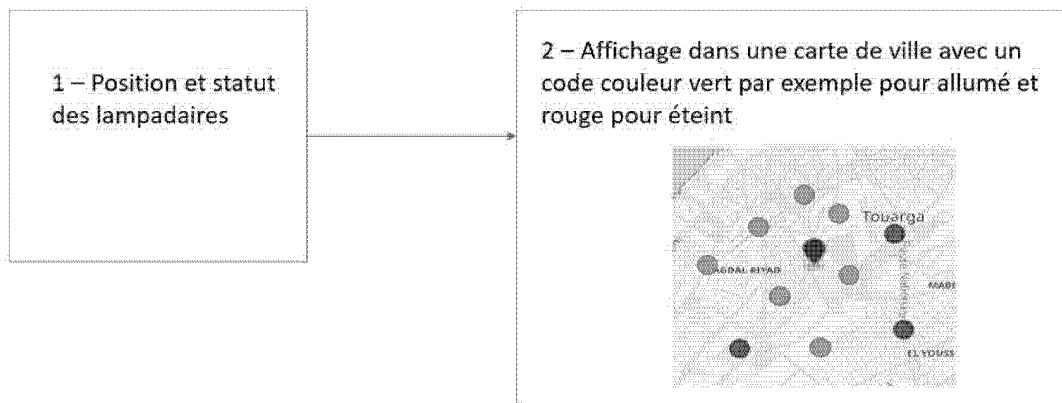



Fig.4

**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION SUR
LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13*

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 51963	Date de dépôt : 30/12/2020 ;
Déposant : MASCIR (MOROCCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH)	
Intitulé de l'invention : Système de détection du bon fonctionnement des lampadaires d'éclairage public en utilisant de l'imagerie satellite	
Classement de l'objet de la demande : CIB : H 04B 10/11 CPC : H 04B 10/11	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: BAMI MOHAMMED	Date d'établissement du rapport : 14/06/2023
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	

Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
- D** : Référence document ; Déposant ; Date
- Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)
- D** : Référence document ; Déposant ; Date
- Observations à l'encontre de la décision de rejet

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-10	Oui
	Revendications aucune	Non
Activité inventive	Revendications 1-10	Oui
	Revendications aucune	Non
Application Industrielle	Revendications 1-10	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants:

D1 : US8588942B2

1. Nouveauté

Aucun document ne divulgue l'objet des revendications 1-10 qui est donc nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

2. Activité inventive

Le document D1 divulgue (voir description) : Un système de détection et localisation des lampadaires défectueux en utilisant les images satellites caractérisé en ce qu'il comprend :

- Un module de traitement d'images pour la détection des halos des lampadaires.
- Un module d'affichage de l'état des lampadaires avec la localisation.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que le système comprend un module d'acquisition d'image satellite de nuit.

L'effet technique de cette différence réside en ce que le module permet de différencier les sources de lumières naturelles (par exemple la lune) des sources de lumière artificielle (lampadaires). L'analyse des images permet de distinguer les zones éclairées des zones non éclairées, et d'identifier avec précision quels lampadaires sont allumés ou éteints.

Le problème objectif que la présente demande se propose de résoudre peut donc être considéré comme : Améliorer la précision de détection des lampadaires défectueux.

Aucun document de l'état de la technique ne contient un enseignement ou une suggestion sur la solution proposée.

Par conséquent, l'objet des revendications 1-10 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.