

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 56301 B1**
- (51) Cl. internationale : **G01R 29/08; H04B 7/00; H04B 7/00**
- (43) Date de publication : **31.01.2024**
- 
- (21) N° Dépôt : **56301**
- (22) Date de Dépôt : **15.04.2022**
- (71) Demandeur(s) : **Université Internationale de RABAT , Parc Technopolis Rabat-Shore, Campus universitaire UIR, Rocade Rabat-Salé, 11100 Sala El Jadida (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **Mounir Ghogho ; KOBANE ABDELLATIF ; Yassine Ben-aboud ; SOFIE POLLIN**
- (74) Mandataire : **Bouya Mohsine**
- 
- (54) Titre : **Méthode de calibration de capteurs bas-coût de puissance électromagnétique et leur utilisation dans la mesure de la pollution électromagnétique (Electro-smog)**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne une méthode de la calibration des capteurs bas coût de puissance électromagnétique et leur utilisation dans la mesure de la pollution électromagnétique. Ladite méthode comporte une étape de mesure des radiations électromagnétiques ambiantes par un capteur bas cout de type radio définie par logiciel (SDR) comportant une antenne de mesures de fréquences. Cette étape est suivie par une deuxième étape de correction en utilisant les paramètres de l'antenne ainsi qu'avec la correction du décalage de puissance dudit capteur bas cout. Le niveau de pollution électromagnétique est ainsi déduit à partir de la mesure corrigée et en utilisant les données sur la surface efficace de l'antenne dudit capteur électromagnétique.

Méthode de calibration de capteurs bas-coût de puissance électromagnétique et leur utilisation dans la mesure de la pollution électromagnétique (Electro-smog).

### Résumé

La présente invention concerne une méthode de la calibration des capteurs bas coût de puissance électromagnétique et leur utilisation dans la mesure de la pollution électromagnétique. Ladite méthode comporte une étape de mesure des radiations électromagnétiques ambiantes par un capteur bas cout de type radio définie par logiciel (SDR) comportant une antenne de mesures de fréquences. Cette étape est suivie par une deuxième étape de correction en utilisant les paramètres de l'antenne ainsi qu'avec la correction du décalage de puissance dudit capteur bas cout. Le niveau de pollution électromagnétique est ainsi déduit à partir de la mesure corrigée et en utilisant les données sur la surface efficace de l'antenne dudit capteur électromagnétique.

Méthode de calibration de capteurs bas-coût de puissance électromagnétique et leur utilisation dans la mesure de la pollution électromagnétique (Electro-smog).

### **Domaine de la technique**

La présente invention se rapporte au domaine dispositions ou appareils pour la mesure des grandeurs magnétiques.

### **Art antérieur**

Le brevet CN1556418A divulgue une méthode de détermination et d'analyse, par des moyens mobiles, de l'environnement électromagnétique spatial. Cette solution intègre la mesure environnementale du champ électromagnétique spatial en combinaison avec le positionnement géographique.

L'invention CN209387848U divulgue un dispositif de surveillance de l'environnement du champ magnétique domestique. L'invention exploite un module de capteur low-cost, un module d'acquisition de données effectuant ensuite un échantillonnage à grande vitesse sur le signal d'induction magnétique, et convertit le champ magnétique -Signal analogique détecté en un signal numérique et l'envoi au processeur ARM.

L'invention US10338118B1 concerne un système et un procédé pour détecter et identifier des signaux électromagnétiques émis. L'invention comprend un capteur, qui est une radio définie par logiciel (SDR). Les caractéristiques distinctives d'un capteur électromagnétique typique disponible dans le commerce incluent la possibilité de reprogrammer entièrement le capteur ou le SDR en question, plutôt que de simplement modifier légèrement le comportement avec de légers changements d'entrée variables.

L'invention US10145875B1 concerne de manière générale le domaine de la détection, de la surveillance et de la gestion des rayonnements électromagnétiques. Plus particulièrement, la présente invention concerne un procédé et un système améliorés pour détecter, surveiller et gérer l'électro-smog en lisant les niveaux d'électro-smog par des capteurs et en alertant les personnels requis ou un autre système connecté simultanément pour prendre les mesures nécessaires en cas d'augmentation des niveaux d'électro-smog.

### **Résumé**

Le processus a pour objet la calibration des capteurs bas coût de puissance électromagnétique et leur utilisation dans la mesure de la pollution électromagnétique caractérisé par :

1. Ledit capteur bas cout est un récepteur radio définie par logiciel (« software defined radio » ou SDR).
2. Ledit capteur bas coût fournis à l'aide d'une antenne des mesures de la puissance des signaux sans fils à différentes fréquences.
3. Lesdites mesures fournies par ledit capteur bas coût sont corrigé en utilisant les paramètres de l'antenne ainsi qu'avec la correction du décalage de puissance dudit capteur bas cout.
4. Ladite pollution électromagnétique est estimée en utilisant des équations spécifiques de ladite mesure de puissance corrigée et des paramètres de ladite antenne.

### Problème technique

L'Electro-smog regroupe toutes les radiations, causé par les humains, qui nous entourent. D'après La commission internationale de la protection des radiations non ionisantes (ICNIRP), la pollution électromagnétique est en croissance continue due au développement rapide de nouvelles technologies de communication sans fils. Ainsi, il est important de surveiller sa croissance.

Pour garantir des environnements de vie et de travail protégés, on a besoin de mesures préventive contre l'electro-smog. Suivant cet objectif, l'ICNIRP impose des restrictions basiques à respecter dans le but de garantir la sureté de la population exposée à l'electro-smog. Ces restrictions basiques sont ; le taux d'absorption d'énergie spécifique (« specific energy absorption rate » ou SAR) de tout le corps, SAR locale (100 kHz à 6 GHz), absorption d'énergie spécifique locale (SA) (400 MHz à 6 GHz), et la densité de puissance absorbé localement (6GHz à 300 GHz). Ces restrictions basiques doivent toutes être respectées simultanément pour protéger contre l'élévation de température, vu que c'est l'effet adverse principal considéré comme risque dans les milieux urbains (100 kHz à 6 GHz).

Pour remédier au problème de la difficulté de mesure des restrictions basiques au niveau pratique, l'ICNIRP a dérivé des niveaux de référence de différentes études et mesures pour fournir une quantité pratique à mesurer et qui peut être utilisée pour montrer le respect ou non des restrictions basiques. La plus pratique de ces niveaux de référence est la densité de puissance incidente mesurée en  $W/m^2$ .

Généralement, des stations de mesure fixes ou portables (EMF meters) sont utilisées pour mesurer le niveau de référence. Par contre ces stations de mesure sont chères (de centaine à milliers d'euro par station) rendant ainsi les déploiements larges difficiles et très coûteux. Une approche différente au problème est l'utilisation de capteurs bas coût et de prioriser une grande densité de capteur, ainsi sacrifiant un peu de précision de mesure pour une couverture spatiale plus importante.

### Solution technique

*La présente invention propose de déterminer la radiation électromagnétique moyennant des capteurs électromagnétique de bas coût (RTL-SDR usb dongle, Nooelec SDR dongle, ou similaire) en prenant en considération les paramètres intrinsèques aux capteurs.*

*Le processus a pour objet la calibration des capteurs bas coût de puissance électromagnétique et leur utilisation dans la mesure de la pollution électromagnétique caractérisé par :*

1. Ledit capteur bas coût est un récepteur radio définie par logiciel (« software defined radio » ou SDR).
2. Ledit capteur bas coût fournis à l'aide d'une antenne des mesures de la puissance des signaux sans fils à différentes fréquences.
3. Lesdites mesures fournies par ledit capteur bas coût sont corrigé en utilisant les paramètres de l'antenne ainsi qu'avec la correction du décalage de puissance dudit capteur bas coût.
4. Ladite pollution électromagnétique est estimée en utilisant des équations spécifiques de ladite mesure de puissance corrigée et des paramètres de ladite antenne.

- La calibration du capteur bas coût se fait en mesurant le décalage de puissance causé par la configuration du SDR ( $o_{rf}$ ) ainsi que le gain d'antenne utilisé ( $g_a$ ) et la configuration du gain du SDR ( $g_{rf}$ ), et enlevant ces influences des mesures ( $\bar{P}$ ) pour avoir la puissance corrigée ( $P$ ).

$$P = \bar{P} - g_{rf} - g_a - o_{rf}$$

**Description des figures**

- La figure 1 illustre un exemple de mesures faites pour la calibration d'un RTL-SDR. (1) montre la relation entre la configuration du gain RF ( $g_{rf}$ ) et le décalage de puissance, (2) montre un exemple de la variation du gain d'antenne mesuré par fréquence.

- L'estimation du niveau de référence (la densité de puissance incidente) on estime d'abord la surface efficace de l'antenne ( $\hat{A}_a$ ) pour une fréquence donnée  $f$  avant de l'utiliser avec la puissance corrigé ( $P$ ) pour estimer la densité de puissance incidente ( $\hat{S}$ ) :

$$\hat{A}_a = \frac{c^2}{f^2} \frac{10^{\frac{g_a}{10}}}{4\pi}$$

$$\hat{S} = \frac{P}{\hat{A}_a}$$

- La figure 2 montre les données collectées avec ce processus de mesure pour montrer sa validité.

La figure 3 illustre les différentes étapes de mesure de la puissance incidente selon la présente invention.

### Les revendications modifiées

1. Méthode de calibration d'un capteur électromagnétique de type radio défini par logiciel pour la mesure de la pollution électromagnétique basé sur l'estimation de la radiation électromagnétique incidente à partir de la mesure de puissance de signal électromagnétique grâce à une antenne selon les étapes suivantes :

- Mesure des radiations électromagnétiques ambiantes ( $\bar{P}$ ) par un capteur bas coût de type radio définie par logiciel (SDR) et mesure de fréquences  $f$ .
- Correction en utilisant les paramètres de l'antenne ainsi qu'avec la correction du décalage de puissance dudit capteur bas cout en mesurant le décalage de puissance causé par la configuration du SDR ( $o_{rf}$ ) ainsi que le gain d'antenne utilisé ( $g_a$ ) et la configuration du gain du SDR ( $g_{rf}$ ), et enlevant ces influences des mesures ( $\bar{P}$ ) pour avoir la puissance corrigé ( $P$ ) et on calcul la surface efficace de l'antenne ( $\hat{A}_a$ ) pour une fréquence donnée  $f$

$$P = \bar{P} - g_{rf} - g_a - o_{rf}$$

$$\hat{A}_a = \frac{c^2}{f^2} \frac{10^{\frac{g_a}{10}}}{4\pi}$$

- Calcul de la puissance incidente selon l'équation

$$\hat{S} = \frac{P}{\hat{A}_a}$$

- Déduction du niveau de pollution électromagnétique à partir de la mesure corrigée et en utilisant les données sur la surface efficace de l'antenne dudit capteur électromagnétique.

Figure 1 : Exemple de paramètres de calibration

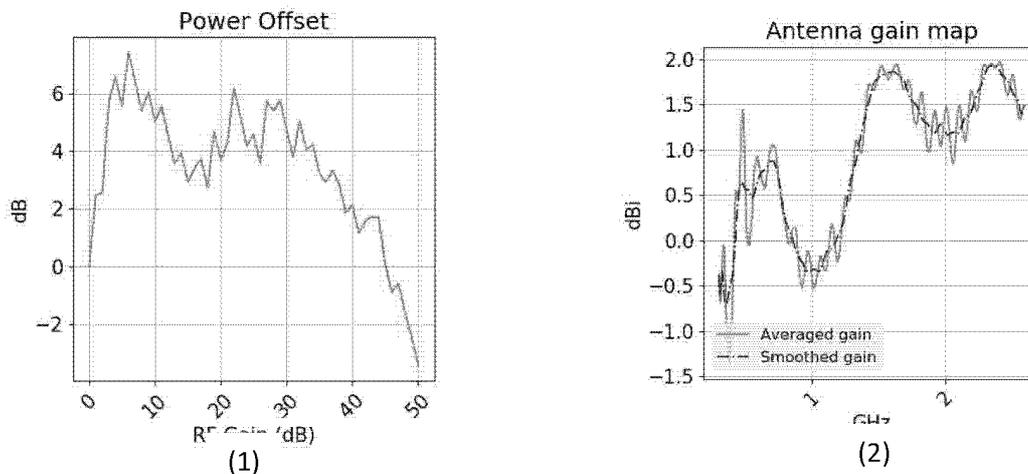


Figure 2 : Données de test collecté pour valider le processus de mesure.

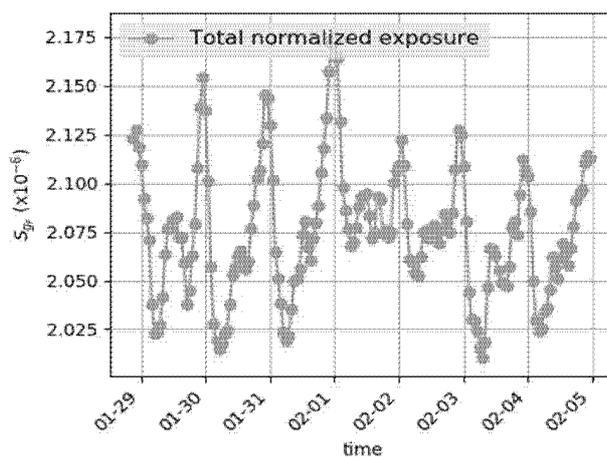
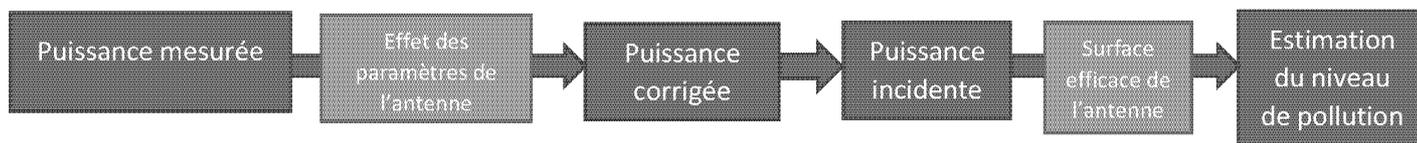
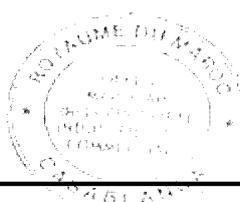


Figure 3 : étapes de calcul pour estimer la puissance incidente et l'estimation de la pollution



**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*

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 56301	Date de dépôt : 15/04/2022 ;
Déposant : Université Internationale de RABAT	
Intitulé de l'invention : Méthode de calibration de capteurs bas-coût de puissance électromagnétique et leur utilisation dans la mesure de la pollution électromagnétique (Electro-smog)	
<b>Classement de l'objet de la demande :</b>	
CIB : G01R29/08 ; H04B7/00 ; CPC : G01R29/0814 ; G01R29/0878 ; H04B7/00	
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: AGUENDICH Sara	Date d'établissement du rapport : 09/01/2024
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 :
  - Revendications  
1
- 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
- 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	Revendication 1	Oui
	Revendication aucune	Non
Activité inventive	Revendication 1	Oui
	Revendication aucune	Non
Application Industrielle	Revendication 1	Oui
	Revendication aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants:

D1 : CN104459348A

**1. Nouveauté**

Aucun document dans l'état antérieur, considéré isolément, ne divulgue une méthode de calibration d'un capteur électromagnétique de type radio défini par logiciel pour la mesure de la pollution électromagnétique comprenant l'ensemble des caractéristiques techniques énoncées dans la revendication 1. D'où l'objet de ladite revendication est nouveau au sens de l'art. 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. Activité inventive**

Le document D1 qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue une méthode de calibration d'un capteur électromagnétique de type radio défini par logiciel pour l'estimation de la radiation électromagnétique incidente à partir de la mesure de puissance de signal électromagnétique grâce à une antenne caractérisée par l'étape suivante :

Mesure des radiations électromagnétiques ambiantes ( $\bar{P}$ ) par un capteur bas coût de type radio définie par logiciel (SDR) et mesure de fréquences  $f$ .

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que la méthode de la présente demande permet la mesure de la pollution électromagnétique selon les étapes suivantes :

- Correction en utilisant les paramètres de l'antenne ainsi qu'avec la correction du décalage de puissance dudit capteur bas cout en mesurant le décalage de puissance causé par la configuration du SDR ( $o_{rf}$ ) ainsi que le gain d'antenne utilisé ( $g_a$ ) et la configuration du gain du SDR ( $g_{rf}$ ), et enlevant ces influences des mesures ( $\bar{P}$ ) pour avoir la puissance corrigée ( $P$ ) et on calcul la surface efficace de l'antenne ( $\hat{A}_a$ ) pour une fréquence donnée  $f$ .

$$P = \bar{P} - g_{rf} - g_a - o_{rf}$$

$$\hat{A}_a = \frac{c^2 10^{\frac{\theta_a}{10}}}{f^2 4\pi}$$

- Calcul de la puissance incidente selon l'équation

$$\hat{S} = \frac{P}{\hat{A}_a}$$

- Déduction du niveau de pollution électromagnétique à partir de la mesure corrigée et en utilisant les données sur la surface efficace de l'antenne dudit capteur électromagnétique.

L'effet technique desdites différences est celui de calculer le niveau de pollution électromagnétique.

Le problème technique objectif que la présente invention se propose de résoudre est comment, à partir de D1, mesurer la pollution électromagnétique à partir de la surface efficace de l'antenne.

La solution à ce problème proposée dans la revendication 1 n'est pas décrite dans l'art antérieur, pris seul ou en combinaison. Aucun enseignement n'a été trouvé dans les documents de l'état de la technique qui aurait incité l'homme du métier, d'arriver à la solution telle que décrite dans la revendication 1.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 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.