

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 53060 B1** (51) Cl. internationale : **A61B 5/00; A61B 6/00; A61B 6/00; A61B 5/00; G01N 23/00**
- (43) Date de publication : **31.10.2023**

- 
- (21) N° Dépôt : **53060**
- (22) Date de Dépôt : **22.04.2023**
- (71) Demandeur(s) : **Université Mohammed V - RABAT , Avenue des Nations Unies, Agdal, bp 8007 NU, Rabat, 10000, Maroc (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **Salbi Adil ; Bouganssa Issam ; Sbihi Mohamed**
- (74) Mandataire : **Kartit Zaid**

- 
- (54) Titre : **Système Portable de Diagnostic Radiologique Intelligent (X--Diag)**
- (57) Abrégé : La demande intense des appareils médicaux en particulier ceux utilisés pour le diagnostic radiologique nous amène à proposer une solution intelligente pour le diagnostic automatique. L'invention est basée sur un circuit électronique embarqué qui permet, à partir du traitement d'image des clichés radiographiques numériques de diagnostiquer automatiquement les patients et rendre l'intervention de l'équipe médical et les spécialistes plus convenable et plus efficace. De ce fait et vue sa portabilité, l'invention représente un outil très efficace pour le pré-diagnostic des contaminations en particulier pendant les crises sanitaires comme celle dû par le virus Corona (Covid-19). Elle peut jouer également un rôle important dans les cas d'urgence pour la détection des fractures, doubles fractures osseuses, ou autre. Mené d'une interface interactive (afficheur, indicateur et boutons...), le dispositif permet une facilité d'utilisation par tout type de personnel dans le domaine de la médecine (radiologue, dentiste ou autre), ainsi après le diagnostic automatique on peut mener à bien l'intervention nécessaire au patient examiné après avoir obtenu une synthèse graphique et des recommandations sur son état. Le système est équipé d'un panneau détecteur des rayons X et d'une batterie rechargeable pour assurer l'autonomie.

### **Abrégé**

La demande intense des appareils médicaux en particulier ceux utilisés pour le diagnostic radiologique nous amène à proposer une solution intelligente pour le diagnostic automatique. L'invention est basée sur un circuit électronique embarqué qui permet, à partir du traitement d'image des clichés radiographiques numériques de diagnostiquer automatiquement les patients et rendre l'intervention de l'équipe médical et les spécialistes plus convenable et plus efficace. De ce fait et vue sa portabilité, l'invention représente un outil très efficace pour le pré-diagnostic des contaminations en particulier pendant les crises sanitaires comme celle dû par le virus Corona (Covid-19). Elle peut jouer également un rôle important dans les cas d'urgence pour la détection des fractures, doubles fractures osseuses, ou autre. Mené d'une interface interactive (afficheur, indicateur et boutons...), le dispositif permet une facilité d'utilisation par tout type de personnel dans le domaine de la médecine (radiologue, dentiste ou autre), ainsi après le diagnostic automatique on peut mener à bien l'intervention nécessaire au patient examiné après avoir obtenu une synthèse graphique et des recommandations sur son état. Le système est équipé d'un panneau détecteur des rayons X et d'une batterie rechargeable pour assurer l'autonomie.

## **Système Portable de Diagnostic Radiologique Intelligent (X-Diag)**

Description de l'invention

### **Domaine de l'invention**

La présente invention concerne une solution technologique embarquée dans le domaine biomédicale en particulier dans la radiologie.

### **L'art antérieur**

Le monde connait de plus en plus une demande trop élevée des appareils médicaux en particulier ceux utilisés pour le diagnostic par la radiographie. Ceci a été remarqué explicitement par la crise sanitaire à cause de la haute hospitalisation des cas contaminés par le virus Corona (depuis mars 2020). Effectivement, la radiologie représente une phase primordiale dans le processus du diagnostic pour examiner l'évolution d'une maladie (tache de contamination, fractures, etc). Cependant, les solutions actuelles sont tout d'abord trop chères, volumineuses et fixes, ce qui nécessite le déplacement du patient pour effectuer l'examen radiographique. En outre, le résultat (cliché) de la majorité des appareils utilisés dans les hôpitaux nationaux n'est pas numérisé. La numérisation des clichés est une opération très importante pour pouvoir stocker les résultats de l'examen radiologique, qui peuvent faire l'objet d'un diagnostic automatisé pour aider le médecin surtout dans le suivi d'état des patients.

La présente invention a pour objectif de donner une solution pour répondre aux besoins du marché biomédical en termes des appareils radiologiques portables, intelligents et moins coûteux.

En particulier, l'invention vise à répondre à la crise sanitaire et à aider à mettre en place une technique de diagnostic automatique et rapide des cas susceptibles d'être contaminés. Ceci peut être exploité comme une stratégie d'un prés-diagnostic afin de mieux gérer toute crise sanitaire comme celle dû à Covid-19 ou autre. Par conséquent, on peut bien viser les cas à examiner, l'intervention ou le soin nécessaire pour chaque patient.

L'invention est capable de réaliser les objectifs cités dans le paragraphe précédent à travers un système embarqué sous forme d'une carte d'acquisition liée à un générateur de rayons X afin d'obtenir une image radiographique numérique. Cette dernière va être analysée par un système électronique embarqué pour déterminer les anomalies, à savoir les taches de contaminations, fractures, doubles fractures ou autre. La fonction est automatisée, programmable et peut être adaptée selon le besoin de l'application du diagnostic préféré.

Selon l'invention, le système est équipé d'une interface graphique tactile avec une fenêtre interactive (IHM) sous forme de boutons et autres, qui permet la configuration ou la visualisation, l'exploitation des résultats et même la communication des données à une centrale de stockage ou autre.

L'objectif de cette invention est d'aider les spécialistes (radiologue, dentiste ou autre) à lire, analyser et diagnostiquer les images radiographiques obtenues. Ceci représente, bien évidemment, un outil très important pour la prise des meilleures décisions en termes des soins des patients par rapport à leurs situations.

En plus, afin d'utiliser l'invention pour les radiographies thoraciques pour COVID-19, on estime que ce dispositif a un rôle à jouer dans les soins d'urgence, militaires, les ambulances, la médecine du sport, les milieux dentaires et vétérinaires ou autres.

### **Listes des figures**

**Figure 1** : Présentation globale du système

**Figure 2** : Description fonctionnelle du système du diagnostic

### **Description technique de l'invention**

L'invention que nous proposons dans ce brevet est un système électronique embarqué pour exploiter l'image radiographique de tel sorte à aider les spécialistes à bien examiner l'état du patient et de pouvoir ainsi prendre les meilleurs décisions médicale et savoir comment réagir avec les différents cas. Le système est composé de deux parties (figure 1). La première partie constitue l'acquisition de l'image radiographique numérique à l'aide d'un panneau sensible aux rayons X et suivie d'une étape de prétraitement si nécessaire. La deuxième partie représente l'exploitation du cliché. En effet, ce dernier passe dans un premier temps, par un traitement d'image avec un bloc de circuit électronique. Ensuite, un algorithme intelligent intégré dans le bloc diagnostic permettra de caractériser automatiquement les anomalies sur l'image source.

**Descriptif fonctionnel du système d'acquisition**

L'invention proposée ici est constituée d'un système d'imagerie médicale composé en lui-même d'un panneau détecteur de rayon X et/ou d'un générateur de rayon X. Cette partie a pour objectif de générer le cliché de la zone du corps à radiographier. Le détecteur qu'on utilise ici est un élément déjà commercialisé et il a prouvé son efficacité dans ce domaine. La solution du détecteur utilisé ici peut être intégrée avec les scanners de radiographie déjà installés dans les cliniques et les hôpitaux. Cependant, l'invention propose également une solution équipée d'un générateur portable qui a prouvé son efficacité dans les examens dentaires et les cas d'urgences en particulier pour le diagnostic manuel préalable des contaminations du virus Corona (covid-19).

La détection est réalisée à travers un panneau sensible aux rayons X (figure 1). Celui génère une image numérique qui peut être envoyée par un fil ou sans fil, par un protocole WIFI ou autre, vers la station de traitement. Le premier choix présente l'avantage d'avoir une possibilité pour alimenter en permanence la plaque de détection. Par contre, le deuxième modèle a besoin d'une batterie qu'on doit recharger chaque 6 heures ou après la génération d'environ 1000 images.

L'invention porte à améliorer les solutions existantes dans ce domaine à travers l'intégration d'un processus de prétraitement, traitement et interprétation des résultats (diagnostic). Si nécessaire, ce prétraitement est appelé pour corriger le contraste des images obtenues en niveau de gris.

**Descriptif technique du bloc de diagnostic automatique**

La solution que nous proposons pour le diagnostic automatique, met en œuvre un système embarqué de traitement temps réel des images acquises du panneau rayons X (figure 1). Ce système représente une carte électronique dont les algorithmes implémentés permettent l'analyse des images pour caractériser tout type d'anomalies à savoir les fractures, les doubles fractures, les tumeurs, les taches ou autre, ainsi que leur évolution à travers l'historique des examens réalisés pour chaque patient (figure 2).

La phase du traitement est basée sur la segmentation et la détection des contours des images en niveau de gris. Dans la figure 1, on représente l'implémentation matérielle des algorithmes de détection des contours adaptatifs sur un circuit intégré de type FPGA, Raspberry ou autre. Les algorithmes implémentés, sont basés sur des méthodes statistiques et autres. Les images

résultantes après traitement peuvent être affichées en temps réel sur un moniteur. Le circuit du système proposé offre les performances nécessaires pour le traitement des séquences d'images en temps réel, tout en conservant la flexibilité du système pour soutenir des algorithmes adaptatifs. Ces performances sont confirmées par les résultats de détection des contours en temps réel et le diagnostic appliquée dans le domaine de la radiologie ainsi qu'à différents domaines dans l'imagerie médicale.

Nous illustrons dans la figure 2 le principe du processus du diagnostic automatique. L'application d'un algorithme de traitement d'image sur le cliché source permet de détecter les contours, et leurs dimensions. L'algorithme embarqué dans ce bloc est adaptable suivant la zone du corps à radiographier et selon le diagnostic visé (diagnostic thoracique, fracture, etc). De cette manière on arrive, d'une part, à classer les régions de présence ou d'absence des (tumeurs, fractures double fractures ...), et d'autre part, de les caractériser on les comparant avec des clichés références de la base de données ou avec l'historique de l'examen du patient lui-même. À la fin du processus de l'examen, une synthèse diagnostique et des recommandations sont établies. Ceci est communiqué directement à travers une interface homme machine (IHM) (voir figure 1), qui peut être un écran tactile ou autre. L'IHM permet entre autre la possibilité de partager l'information avec un serveur central, un réseau de nuages (internet), un ordinateur ou autre via une connexion Bluetooth, WIFI ou autres. La synthèse obtenue permet au spécialiste d'élaborer une visibilité sur l'état de son patient ainsi que son évolution.

### Revendications

1. Dispositif portable et modulaire dédié au diagnostic radiologique intelligent temps réel, composé d'un panneau détecteur des rayons X et d'un circuit électronique intégré avec une interface homme machine (IHM) permettant le paramétrage et l'affichage des résultats du diagnostic, il peut aussi être équipé d'un générateur portable des rayons X, le panneau génère une image numérique de la zone à radiographier, le circuit électronique récupère le cliché numérique et caractérise l'état de ladite zone pour donner une synthèse de l'examen et des recommandations, les différents éléments constituant le dispositif peuvent utiliser divers protocoles de communications (bus, WiFi ou autre).
2. Dispositif selon les revendications 1, caractérisé en ce que ledit circuit électronique est un système embarqué composé principalement d'un bloc de prétraitement, un bloc de traitement et un bloc de diagnostic (figure 1), et capable de réaliser le diagnostic radiologique automatique convenable à l'examen thoracique, à la densitométrie osseuse ou autre.
3. Dispositif selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ledit système embarqué est muni d'une interface homme machine (IHM) pour configurer le type du diagnostic ainsi que les données relatives au patient, si le patient est nouveau, l'examen se déroule normalement en se basant sur des clichés références (figure 2), si le patient suit un contrôle continu, l'examen s'effectue avec l'historique des clichés dudit patient.
4. Dispositif selon les revendications 1, et 2, caractérisé en ce que le bloc de traitement est basé sur des méthodes statistiques et autres sous forme d'un algorithme implémenté dans un circuit intégré de type FPGA, Raspberry ou autre, et capable de caractériser les taches, les fractures ou autre sur des clichés radiographiques numériques.
5. Dispositif selon les revendications 1, 2 et 4, caractérisé en ce que le bloc diagnostic est apte d'exécuter une suite d'algorithmes adaptatifs pour déterminer les anomalies concernant la zone radiographiée est générer en conséquence une synthèse détaillée (figure 1 et 2) sur la situation ainsi que des recommandations aidants les spécialistes à prendre les décisions et les interventions convenables.
6. Dispositif selon toutes les revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est un système portable équipé d'une batterie rechargeable pour réaliser un pré-diagnostic des patients surplace, comme il est aussi, une solution moins coûteuse, adaptable avec les appareils radiographiques fixes qui existent déjà au niveau des cabinets et des hôpitaux, afin de pouvoir exploiter ses avantages du diagnostic intelligent.

Figures

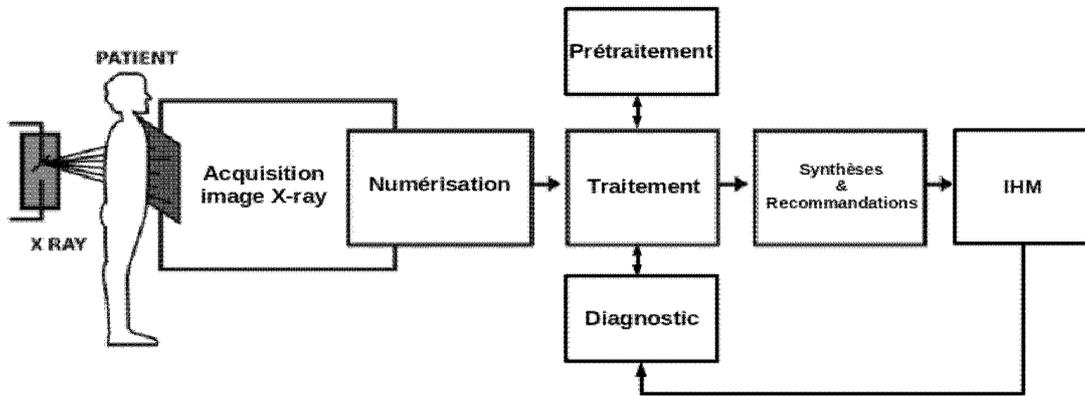


Figure 1

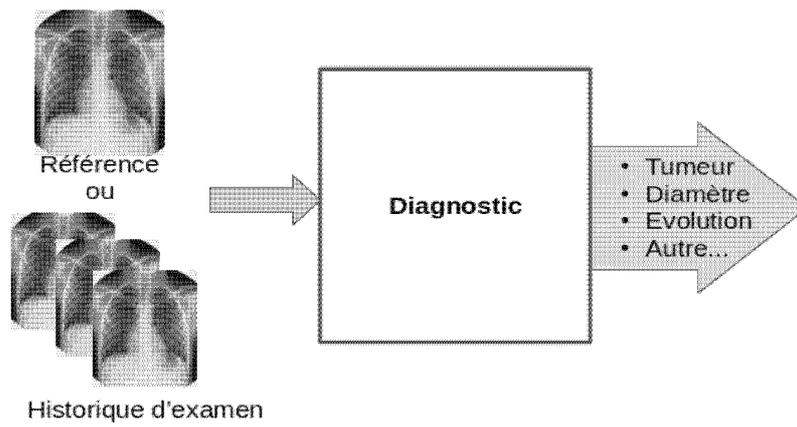


Figure 2

**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 : 53060	Date de dépôt : 22/04/2021 ;
Déposant : Université Mohammed V - RABAT	
Intitulé de l'invention : Système Portable de Diagnostic Radiologique Intelligent (X--Diag)	
<b>Classement de l'objet de la demande :</b>	
CIB : G 01N 23/00, A 61B 6/00, A 61B 5/00 CPC : A 61B 6/00, A61B 5/00	
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: BAMI MOHAMMED	Date d'établissement du rapport : 16/10/2023
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)
  - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)
- 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 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants:

D1 : KR20210037850A

**1. Nouveauté**

Aucun document ne divulgue l'objet des revendications 1-6 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 un dispositif portable et modulaire dédié au diagnostic radiologique intelligent en temps réel ( voir abrégé) , composé de :

- un panneau détecteur des rayons X. ( voir figure 1 élément 2).
- un circuit électronique intégré avec une interface homme machine permettant le paramétrage et l'affichage des résultats du diagnostic. (voir figure 1 élément 3).
- Un générateur portable des rayons X. Le panneau génère une image numérique de la zone à radiographier, le circuit électronique récupère le cliché numérique et caractérise l'état de ladite zone pour donner une synthèse de l'examen et des recommandations.( voir figure 1 élément 1 et description de l'invention)
- Des protocoles de communications ( bus, wifi ou autre). ( voir figure 1).

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 par la miniaturisation et le traitement temps réel local.

Le problème objectif que la présente demande se propose de résoudre peut donc être considéré comme : Améliorer les performances du diagnostic radiologique.

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 1-6 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.