

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :
MA 47861 A1

(51) Cl. internationale :
**A61B 5/22; A61H 1/00;
G06Q 50/22; A61B 5/103;
A61B 5/1107; G06Q 50/00**

(43) Date de publication :
29.07.2021

(21) N° Dépôt :
47861

(22) Date de Dépôt :
30.12.2019

(71) Demandeur(s) :
**Université Mohammed V de Rabat, Angle avenue Allal El Fassi et Mfadel Cherkaoui
Al Irfane , Rabat, 8007 (MA)**

(72) Inventeur(s) :
Jilbab Abdelilah ; Jbari Atman ; EL FEZAZI MOHAMED

(74) Mandataire :
Kartit Zaid

(54) Titre : **Système intégré pour la télésurveillance de la rééducation fonctionnelle de genou**

(57) Abrégé : Dans cette invention, nous proposons un système de télésurveillance du protocole de la rééducation fonctionnelle du genou basé sur une architecture intégrée. Ce système vise à réduire la mobilité des patients pour assister aux sessions de rééducation, permettant au patient d'exécuter les exercices de rééducation à domicile, avec une supervision du praticien. Le modèle architectural du système proposé est conçu de manière à assurer l'interaction bilatérale coopérative entre le patient et le praticien avec un accès à distance et en temps réel aux informations en retour. Il comprend trois composants principaux : l'unité de mesure, l'unité de traitement-transmission et l'unité de stockage-analyse de données. L'unité de mesure, permettant la mesure des données cinématique à partir d'un électro-goniomètre, et les données dynamique à partir d'un réseau de capteur de signaux électromyographiques (EMG). Ainsi, l'unité de traitement et de transmission permettant la fusion et la transmission de ces caractéristiques pour l'évaluation à la fois de l'amplitude articulaire et l'activité musculaire. Il y a aussi l'unité de stockage et d'analyse de données dans l'espace cloud.

Abrégé

Dans cette invention, nous proposons un système de télésurveillance du protocole de la rééducation fonctionnelle du genou basé sur une architecture intégrée. Ce système vise à réduire la mobilité des patients pour assister aux sessions de rééducation, permettant au patient d'exécuter les exercices de rééducation à domicile, avec une supervision du praticien. Le modèle architectural du système proposé est conçu de manière à assurer l'interaction bilatérale coopérative entre le patient et le praticien avec un accès à distance et en temps réel aux informations en retour. Il comprend trois composants principaux : l'unité de mesure, l'unité de traitement-transmission et l'unité de stockage-analyse de données. L'unité de mesure, permettant la mesure des données cinématique à partir d'un électro-goniomètre, et les données dynamique à partir d'un réseau de capteur de signaux électromyographiques (EMG). Ainsi, l'unité de traitement et de transmission permettant la fusion et la transmission de ces caractéristiques pour l'évaluation à la fois de l'amplitude articulaire et l'activité musculaire. Il y a aussi l'unité de stockage et d'analyse de données dans l'espace cloud.

Titre : Système intégré pour la télésurveillance de la rééducation fonctionnelle de genou**Domaine de l'invention**

Le domaine de l'invention entre dans le cadre de la télésurveillance médicale et thérapeutique.

En toute particulier, l'invention concerne un système intégré pour la télésurveillance du processus de la rééducation fonctionnelle de genou à domicile. Notamment, cette invention a pour objet d'assurer au patient l'enregistrement et la transmission automatisée à domicile des données nécessaires au suivi médical. Ainsi de permettre au professionnel médical d'interpréter à distance ces données et de prendre des décisions relatives à la prise en charge de ce patient.

Etat Antérieur

La pathologie du genou est l'une des maladies les plus fréquentes aux différents domaines notamment au sport, au militaire et chez les personnes âgées. Du fait de sa longue convalescence, cette pathologie est l'une des types les plus chers, ce qui tend à forcer les patients à terminer le protocole de rééducation à la maison. En effet, le progrès récent de la technologie a dévoilé des solutions assurant au patient de compléter ce protocole de rééducation à domicile, avec la supervision à distance du praticien via des dispositifs de mesure et de capture de mouvement. Néanmoins, ces dispositifs ont des limites au niveau 'type d'interaction', au niveau 'adaptation au besoin', et au niveau 'paramètres à mesurer'. La plupart des solutions existantes ont une architecture unilatérale, c.-à-d. l'interaction entre le patient et le praticien n'est pas en temps réel. Ainsi, les paramètres mesurés sont consacrés seulement à la cinématique du mouvement.

L'invention TWI601525 concerne un dispositif de rééducation à distance destiné à intégrer un dispositif auxiliaire à savoir un orthèse pied-cheville (AFO) et une unité de mesure inertielle (IMU), pour évaluer l'activité de l'articulation du genou et de suivre les progrès de la rééducation. La valeur mesurée est transmise au système informatique chargé avec le programme d'interface, qui lit la valeur de la mesure du capteur inertielle, calcule et analyse mathématiquement, et évalue automatiquement la justesse de l'action de rééducation et la transmet au serveur de réception distant.

L'invention TWI645367 concerne un dispositif utilisant des unités de mesure inertielles (IMU) et un orthèse pied-cheville (AFO) associé à une application pour téléphone portable utilisant un algorithme spécifique, afin d'évaluer l'activité du patient et de permettre un relevé de temps et de fréquence. Le capteur inertielle transmet les données à l'application mobile en utilisant un protocole de communication propriétaire, l'application peut lire la mesure du capteur inertielle. La valeur numérique est ensuite calculée mathématiquement pour évaluer l'état de l'action de rééducation de l'articulation du genou et d'alerter la personne en rééducation avec un message d'avertissement lorsque l'action de rééducation est incorrecte. Après le traitement, les résultats sont transférés vers un VPN spécifique via le pipeline LTE / 5G via la salle de télécommunication, puis stockés dans la salle de cloud.

Cependant, les deux inventions ne traitent pas l'évaluation de l'activité musculaire du mouvement, ainsi que la visualisation et l'interaction temps réel entre le patient et le praticien, sachant que ces deux métriques jouent un rôle très important pour l'évaluation de la justesse de l'exercice de rééducation et pour le suivi du développement dynamique du mouvement.

Objectif de l'invention

Après la décharge du patient de l'hôpital suite à un acte thérapeutique concernant la pathologie du genou, le patient est tenu de compléter son traitement par un processus de rééducation fonctionnelle. Le suivi de ce processus demande des équipements adaptés et la mobilité de patient selon des séances préprogrammées par le médecin responsable. Ainsi, plusieurs problématiques s'imposent :

- Planning des séances de rééducation : le planning doit être efficace dans le sens d'une bonne action sur l'organe et non pas une simple mesure ou observation.
- Mobilité de patient : le déplacement du patient pour assister aux sessions de rééducation demande le recours à des ambulances devant parcourir des trajets très longs et difficiles surtout dans les zones rurales.
- Mesure de la performance de l'exercice : les mesures doivent prendre en compte tous les paramètres intervenant dans le mouvement articulaire du genou afin d'évaluer et adapter les actions de rééducation selon le besoin.

- Coordination entre le médecin et le praticien : une bonne prise en charge nécessite une coordination et une communication entre le médecin responsable du processus thérapeutique et le praticien responsable du processus de rééducation sur l'état de développement du patient.

L'objectif de cette invention est de traiter précisément ces problématiques. En effet, le système proposé dans ce brevet, vise d'assurer la fonction de télésurveillance de telle sorte à apporter une flexibilité de planification, de réduire la mobilité des patients pour assister aux sessions de rééducation, d'assurer l'accès à distance aux informations en retour pour le médecin et le praticien et d'évaluer l'adéquation des exercices de rééducation.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma de principe de modèle architectural du système

Figure 2 : Bloc diagramme des unités fonctionnelles du système

Figure 3 : Organigramme de collection et de traitement des données

Figure 4 : Organigramme du mode de transmission

Description détaillée

L'invention proposée est un système de télésurveillance des exercices de rééducation fonctionnelle du genou, reposant sur une architecture d'internet des objets (Internet of Things IoT). En fait, le modèle architectural de l'environnement du système est suggéré de telle sorte à garantir une rétroaction et une adhésion ainsi qu'une supervision du professionnel médical en temps réel, ce qui offre au patient de faire les exercices de rééducation à domicile en toute sécurité, de telle sorte de parvenir à une flexibilité de planification et une réduction des déplacements du patient pour assister aux sessions de rééducation. Du côté patient (40), celui-ci porte deux capteurs, un électro-goniomètre (10) et des électrodes EMG (20) qui enregistrent respectivement l'amplitude articulaire et l'activité musculaire, également un dispositif électronique embarqué (30) permettant l'acquisition des données provenant des capteurs, le prétraitement, l'extraction et la fusion des caractéristiques, ainsi que la transmission de ces caractéristiques, et par conséquent, mesurant tous les paramètres responsables du mouvement de

genou. L'espace cloud (50) intègre un programme chargé à agréger, stocker, et analyser certains paramètres pour l'évaluation des actions de rééducation, ainsi de visualiser les résultats, cet espace est accessible par le patient (40), le praticien (60) et le médecin (80), ce qui offre une coordination bilatérale sur le développement de l'état du patient. Du côté praticien (60), ce dernier peut accéder aux informations par un ordinateur (70) via internet, il peut gérer et configurer l'interaction avec le patient selon le besoin. Du côté médecin (80), ce dernier peut suivre à tout moment les progrès de la rééducation des patients et il est alerté lorsque les actions de rééducation sont trop difficiles pour les patients, selon un certain seuil défini par le médecin en coordination avec le praticien, ce qui détermine ensuite si le patient a besoin d'une intervention médicale ou d'une visite de suivi.

Le système se compose de trois éléments principaux :

- Unité de mesure : Concerne l'enregistrement des données pour surveiller à la fois la cinématique et la dynamique du mouvement pendant que le patient fait des exercices de rééducation à domicile. Cette unité comprend deux capteurs, un électro-goniomètre (200) pour mesurer les paramètres cinématiques évaluant l'amplitude articulaire, à savoir l'angle, la vitesse angulaire, et l'accélération angulaire, ainsi un capteur de signaux électromyographiques (EMG) (100) pour mesurer les paramètres dynamiques évaluant l'activité musculaire, à savoir la force, la fatigue, et le groupe musculaire activé.
- Unité de traitement et de transmission (300) : L'algorithme de traitement est basé sur la fusion de signaux EMG et de données de l'électro-goniomètre. L'algorithme utilise une étape d'extraction de caractéristiques de signaux EMG obtenus par un réseau d'électrodes positionnées de telle sorte à recouvrir les muscles responsables du mouvement de genou. Et une étape d'extraction de caractéristiques de données obtenues à partir de l'électro-goniomètre. Ainsi, une étape de combinaison et de fusion de ces caractéristiques pour avoir une décision sur la cinématique et la dynamique du mouvement.

Après le traitement, les résultats sont transmis via le réseau LTE-M (Long-Term Evolution for Machines) (400) qui utilise l'infrastructure des réseaux 4G existants, il constitue un choix évident, car la couverture de ce réseau est maintenant presque omniprésente. Ainsi, deux modes de transmission sont suggérés selon le besoin, un mode continu où les données sont acquises et transmises en permanence et affichées au praticien

en temps réel, et un mode de transmission à la demande où les données sont agrégées du côté du patient et sont transmises à la demande du praticien.

- Unité de stockage et d'analyse (500): Les données transmises sont publiées et stockées dans un espace cloud qui intègre un algorithme permettant l'évaluation de la justesse des actions de l'exercice de rééducation, le nombre de répétitions pour chaque exercice, le nombre de séances de rééducation par jour, et la durée des exercices. La plateforme cloud intègre également un outil de communication supportant l'interaction bilatérale coopérative entre le patient et le praticien par appel téléphonique ou vidéo, ainsi qu'un programme d'interface graphique (600) pour la visualisation des résultats, et la configuration de l'interaction.

Revendications

- 1- Un système intégré, bilatérale coopérative de télésurveillance autonome, en temps réel de la rééducation de genou pour suivre à distance de la cinématique et la dynamique du mouvement ; ledit système est constitué d'une unité de mesure, un premier programme informatique embarqué dans une unité de traitement et de transmission, et un second programme informatique installé dans le Cloud dans une unité de stockage et d'analyse.
- 2- Le système Selon la revendication 1 caractérisé en ce que ladite unité de mesure utilise un premier réseau de capteur pour enregistrer des signaux électromyographiques ; un second capteur électrogoniomètre enregistre l'activité d'articulation.
- 3- Le système Selon les revendications 1,2 caractérisé en ce que ladite unité de traitement et de transmission procède comme suit :
 - Extraction à partir des signaux fournis par ladite unité de mesure des paramètres concernant l'amplitude articulaire à savoir : l'angle, la vitesse et l'accélération angulaire
 - Extraction à partir des signaux fournis par ladite unité de mesure des paramètres concernant l'activité musculaire à savoir : la force, la fatigue et le groupe musculaire activé.
 - Fusion desdits paramètres par ledit premier programme informatique pour produire une décision sur la cinématique et la dynamique de mouvement à envoyer à l'unité de stockage et d'analyse.
- 4- Le système Selon les revendications 1,2 et 3 caractérisé en ce que ladite unité de stockage et d'analyse utilise ledit second programme informatique pour évaluer la justesse des actions de l'exercice de rééducation, le nombre de répétitions pour chaque exercice, le nombre de séances de rééducation par jour, et la durée des exercices.
- 5- Le système Selon les revendications précédentes caractérisé en ce qu'il permet une flexibilité de planification des séances de rééducation et de réduire le déplacement des patients.

Figures

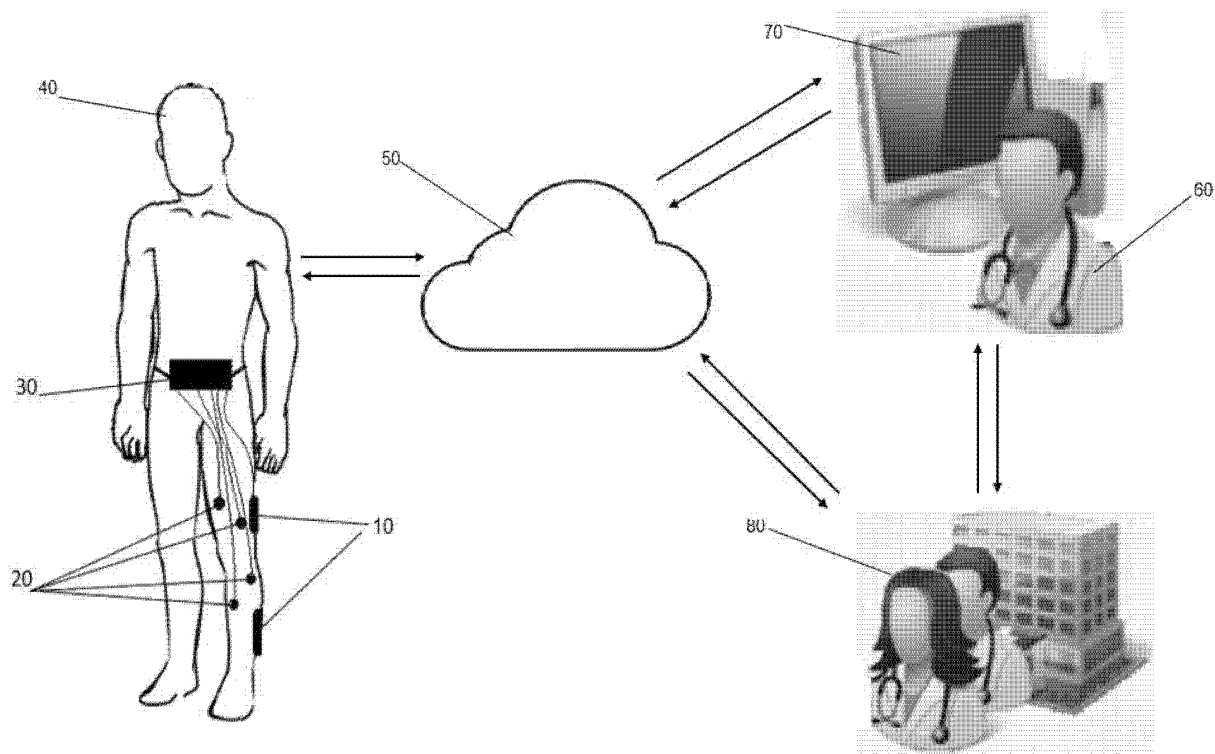


Figure 1

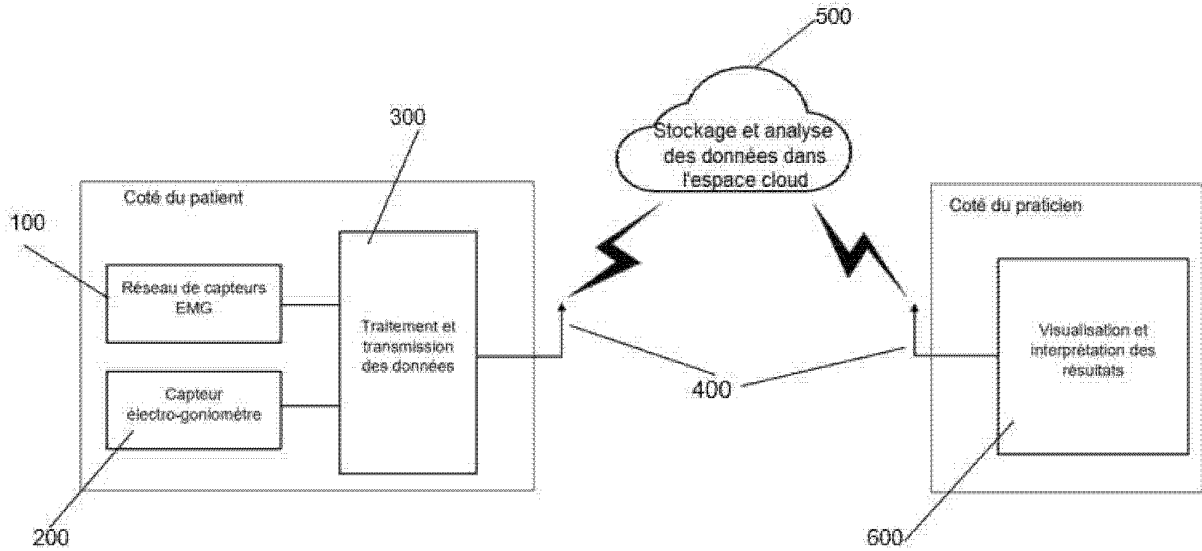


Figure 2

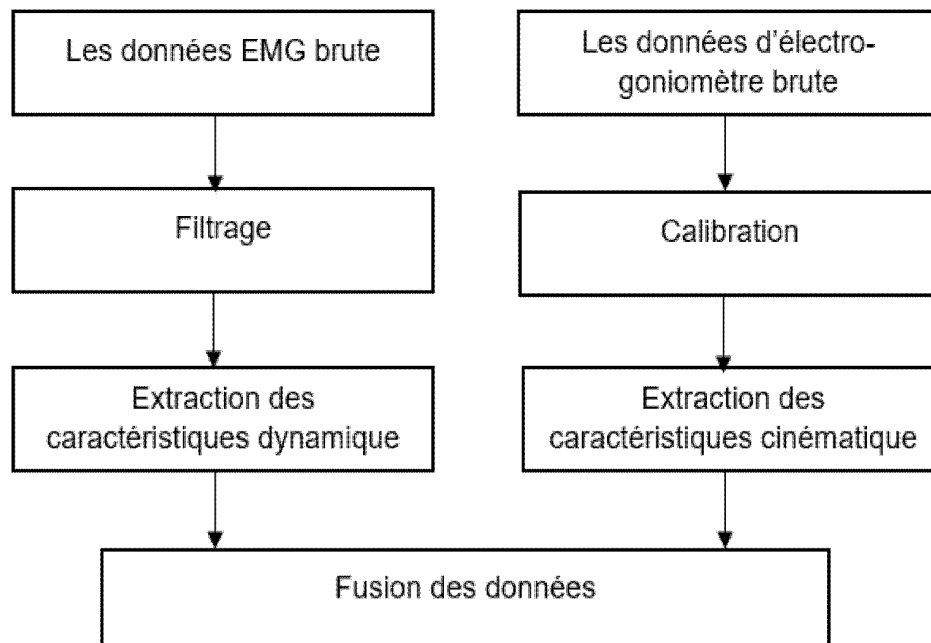


Figure 3

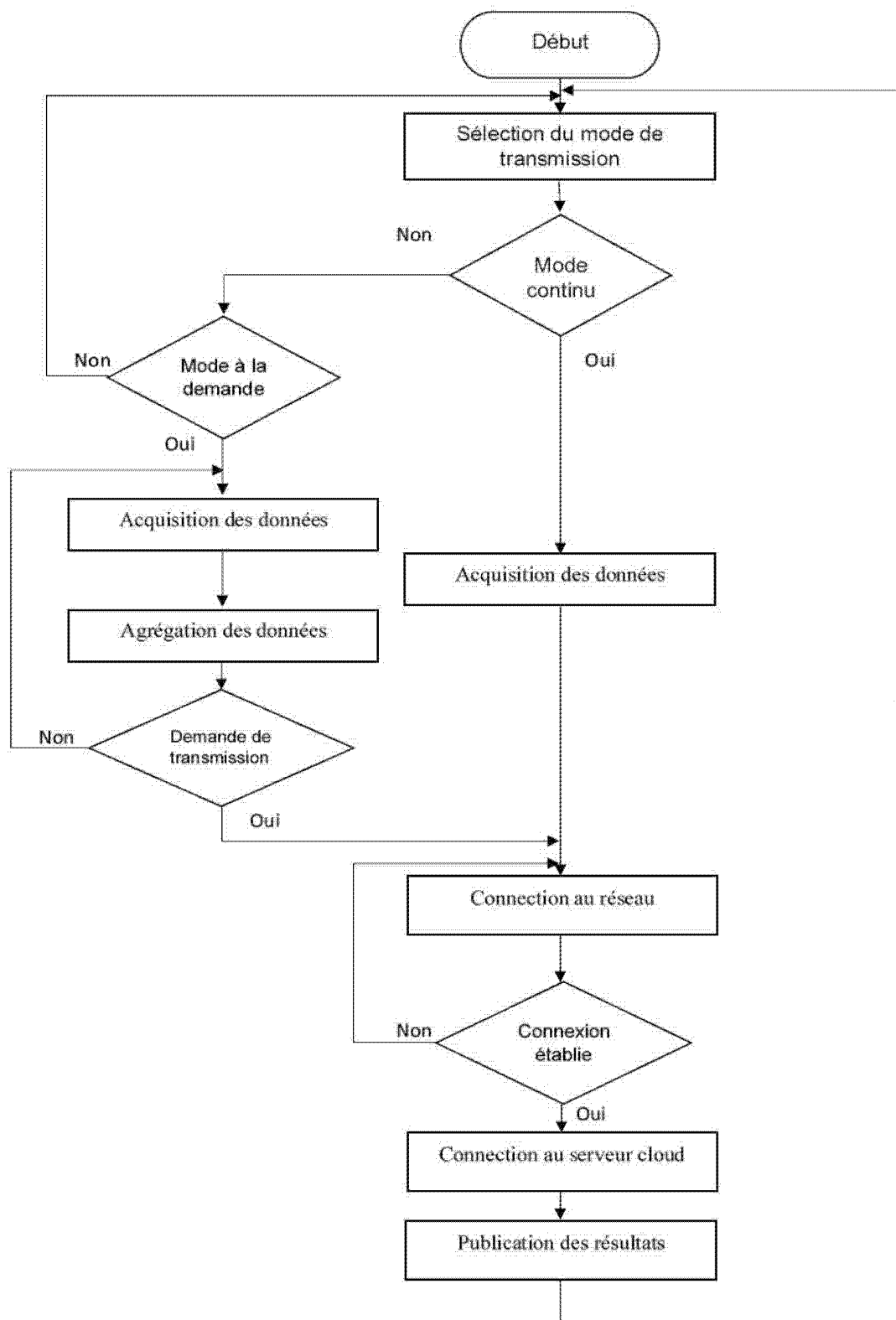


Figure 4

**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 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 : 47861	Date de dépôt : 30/12/2019
Déposant : Université Mohammed V de Rabat	
Intitulé de l'invention : Système intégré pour la télésurveillance de la rééducation fonctionnelle de genou	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
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 <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté <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: Belafkih	Date d'établissement du rapport : 16/09/2020
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



Cadre 1 : base du présent rapport

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

- Description
6 Pages
- Revendications
5
- Planches de dessin
3 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : G06Q50/00; A61H1/00; A61B5/22
CPC : G06Q50/22; A61B5/103 ; A61B5/1107

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	WO2016065404A1 ; RMIT UNIVERSITY ; 06-05-2016	1-5
A	TWI601525B ; CATHAY GENERAL HOSPITAL ; 11-10-2017	1-5
A	TWI645367B ; CATHAY GENERAL HOSPITAL ; 21-12-2018	1-5

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« 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
 -« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
 -« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
 -« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté

- Remarques de clarté

- 1- Les termes employés dans la revendication 1 « intégré », « bilatérale », « coopérative »... sont vagues et imprécis et laissent subsister un doute quant à la signification de la caractéristique technique à laquelle ils se rapportent.
- 2- Il ressort clairement de la description (pages 3-5) que les caractéristiques suivantes sont **essentielles à la définition du système** objet de l'invention :
 - Electro-goniomètre
 - Capteur de signaux électromyographiques (EMG).

La revendication indépendante 1 ne comporte pas ces caractéristiques et ne satisfait donc pas aux exigences de clarté, à savoir qu'une revendication indépendante doit contenir toutes les **caractéristiques techniques essentielles à la définition de l'invention au lieu de les définir** séparément dans des revendications dépendantes.

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-5	Non
Activité inventive	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-5	Non
Application Industrielle	Revendications 1-5	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : WO2016065404A1

1. Nouveauté et Activité Inventive

- 1.1. Le document D1 divulgue un système de surveillance, en temps réel, de l'activité musculaire (D1 : Abrégé, Revendication 1) et la charge exercée sur le genou (D1 : description paragraphe [0043], Revendication 10) lors d'un exercice physique comprenant entre autres :
 - Unités de mesures (Revendication 13) pouvant être des Electro-goniomètres (D1, Revendication 18) ou des capteurs de signaux électromyographiques (EMG) (D1 : Description paragraphe [0038])
 - Moyens de transmission entre l'unité de mesure et l'unité de traitement (D1 : Description paragraphe [0050])

- une unité de traitement configurée pour recevoir les signaux électriques et les convertir en valeurs d'activité musculaire et de charge des tissus mous Revendication 13),
- une mémoire secondaire comprenant une unité de stockage amovible ayant un support de stockage utilisable par ordinateur dans lequel est stocké un logiciel informatique sous la forme d'une série d'instructions pour amener l'unité de traitement à exécuter la fonctionnalité souhaitée,

Par conséquent, le document D1 divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques des revendications 1-5, d'où L'objet desdites revendications n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

- 1.2. N'étant pas nouveau, l'objet des revendications 1-5 n'implique pas une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. 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.