

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
15 avril 2021 (15.04.2021)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2021/069518 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01S 13/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2020/078161

(22) Date de dépôt international :
07 octobre 2020 (07.10.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
19306308.8 07 octobre 2019 (07.10.2019) EP

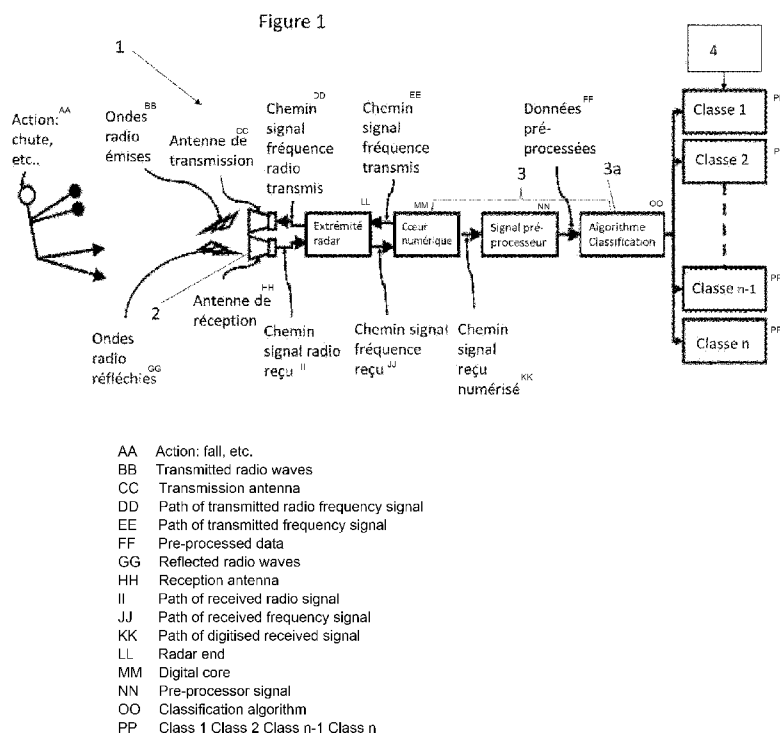
(71) Déposants : CENTRE NATIONAL DE LA RE-
CHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR] ; 3, Rue Mi-
chel-Ange, 75016 PARIS (FR). ECOLE NATIONALE

SUPERIEURE DE L'ELECTRONIQUE ET DE SES
APPLICATIONS [FR/FR] ; 6 avenue du Ponceau, 95800
CERGY (FR). THE UNIVERSITY COURT OF THE
UNIVERSITY OF GLASGOW [GB/GB] ; University
Avenue, GLASGOW G12 8QQ (GB). CY CERGY PARIS
UNIVERSITÉ [FR/FR] ; 33 Boulevard du Port, 95000
CERGY (FR).

(72) Inventeurs : ROMAIN, Olivier ; 23 RUE ARISTIDE
BRIAND, 91230 MONTGERON (FR). LEKERNEC, Ju-
lien ; chez Louis et Catherine Le Kernec 45 Impasse de Tre-
livalaire, 29300 QUIMPERLE (FR). LORANDEL, Jor-
dane ; 1 RUE BOURNEUF ET DAMPIERRE, 78700
CONFLANS SAINTE HONORINE (FR). FIORANELLI,
Francesco ; van Speykstraat 2B-3, 2628 RG DELFT Zuid
Holland (NL).

(54) Title: DEVICE FOR CHARACTERISING THE ACTIMETRY OF A SUBJECT IN REAL TIME

(54) Titre : DISPOSITIF DE CARACTÉRISATION DE L'ACTIMÉTRIE D'UN SUJET EN TEMPS RÉEL



(57) Abstract: The invention relates to a device (1) for characterising the actimetry of a subject in real time, having a radar (2) transmitting and receiving radar signals and having a software interface for configuring the form of the transmitted signal; means (3) for processing and computing which are connected to the radar (2) and have a classifier (3a) trained using a database, the means (3) for processing and computing being configured to perform, in real time: - acquisition of colour micro-doppler images (6) having a plurality of colour channels (R, V, B), each having micro-doppler signatures (6a) with colour pixels the value of which depends on a reflectivity and a speed of the subject; - processing of the micro-doppler images (6) to compute an image which is referred to as monochromatic and has monochromatic pixels, each having a given monochromatic intensity, from the colour pixels of each colour micro-doppler image;

[Suite sur la page suivante]

(74) **Mandataire : A.P.I. CONSEIL** ; Technopole Helioparc 4
rue Jules Ferry, 64000 PAU (FR).

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17(iii))*

Publiée:

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

- transformation of the monochromatic image into a binary image through segmentation, according to an intensity threshold, of the monochromatic pixels, producing binary pixels the value of which is dependent on the chromatic intensity of the monochromatic pixel associated with the binary pixel relative to the threshold.

(57) **Abrégé** : L'invention présente un dispositif (1) pour caractériser en temps réel l'actimétrie d'un sujet, présentant : un radar (2) émettant et recevant des signaux radar et présentant une interface logicielle pour configurer la forme du signal émis; des moyens de traitement et de calcul (3) couplés au radar (2), présentant un classifieur (3a) entraîné à l'aide d'une base de données, lesdits moyens de traitement et de calcul (3) étant configurés pour réaliser en temps réel: -une acquisition d'images micro-doppler (6) couleurs ayant plusieurs canaux de couleurs (R, V, B), présentant chacune des signatures micro-doppler (6a) avec des pixels couleurs dont la valeur est fonction d'une réflectivité et d'une vitesse du sujet; -un traitement des images micro-doppler (6) pour : calculer une image dite monochromatique ayant des pixels monochromatiques, ayant chacun une intensité monochromatique donnée, à partir des pixels couleurs de chaque image micro-doppler couleur; transformation de l'image monochromatique en image binaire par segmentation, selon un seuil d'intensité, des pixels monochromatiques, réalisant des pixels binaires dont la valeur est dépendante de l'intensité chromatique du pixel monochromatique associé au pixel binaire, par rapport au seuil.

Dispositif de caractérisation de l'actimétrie d'un sujet en temps réel

DOMAINE DE L'INVENTION

5 La présente invention concerne un dispositif pour caractériser en temps réel l'actimétrie d'un sujet.

ETAT DE LA TECHNIQUE

10 La détection automatique de posture a donné lieu ces dernières années à une intense activité de recherche et des grandes retombées économiques. Les capteurs 3D type en anglais « Kinect » en particulier ont permis de changer de paradigme dans le jeu en offrant la possibilité de prendre en compte l'information de profondeur (3D) et ainsi de discriminer
15 de manière plus efficace les différents types de mouvements des sujets.

 On retrouve aujourd'hui la plupart de ces systèmes de mesure et d'analyse des mouvements tant dans le milieu de l'animation virtuelle (simulation de la marche) que dans le domaine biomécanique et médical.

 Ces systèmes permettent d'étudier des problématiques de détection de pathologie du
20 sujet, d'analyser le corps en activité, ou de comprendre les mécanismes de la marche.

 Les compétitions académiques encore récemment organisés sur cette thématique montrent néanmoins les limitations des capteurs actuels, notamment pour la reconnaissance de posture dans diverses situations et en particulier les chutes de sujets déficients.

25 Les systèmes actuels peuvent être regroupés en trois catégories ; les systèmes embarqués sur un sujet, les systèmes déportés et les systèmes hybrides (mixte d'embarqués et de déportés).

 De nombreuses technologies embarquées ont été proposées pour la surveillance des sujets et spécifiquement pour la détection des chutes [3], ces trente dernières années.
30 Celles-ci incluent les dispositifs portables tels que les podomètres, locomètres, accéléromètres, les gyroscopes et les boutons-poussoirs de panique, les capteurs inertiels

tels que les smartphones, les capteurs infrarouges, vibratoires, acoustiques, magnétiques, ...

Bien que ces dispositifs donnent de bons résultats [4] sur l'identification de chutes (98%), la plupart de ces solutions embarquées sur le sujet souffrent de plusieurs problèmes majeurs [2] qui limitent leurs usages :

- Ils doivent être portés, ce qui dépend de la conformité de l'utilisateur ou d'y penser si vous vous réveillez la nuit pour aller aux toilettes.
- Ils sont facilement cassables en cas de chute, de choc ou si on s'assoie dessus.
- Ils doivent être rechargés, ce qui peut être difficile pour les sujets ayant une déficience cognitive.
- Le taux de fausses alarmes.
- Ils sont stigmatisant pour les sujets.
- Ils ne respectent pas (pour certains) la vie privée.

Les dispositifs déportés sont généralement basés sur l'utilisation de systèmes de mesure intégrés dans le lieu de vie de l'utilisateur. On retrouve l'emploi de caméra(s) vidéo [5], les tapis roulants de marche, les capteurs photographiques RGB-D pour « Red, Green, Blue detector » selon une terminologie anglo-saxonne et les radars ou une combinaison de ces systèmes. Des appartements complets peuvent être équipés de capteurs de mouvement PIR pour « passive infrared sensor » selon une terminologie anglo-saxonne, de capteurs de gazinière, des capteurs dans le lit, des capteurs au sol ..., ce qui permet de donner des schémas d'activités de la vie quotidienne. Cependant, ils ne sont pas capables de donner des informations plus fines sur l'analyse de la marche pour la détection des changements.

Pour les systèmes radar et RGBI-D, des défis ouverts restent à relever afin de déployer et d'utiliser ces systèmes dans des scénarios pratiques à domicile ou dans des établissements spécialisés :

- Concernant les caméras [6], les principaux défis à relever restent les occlusions (zones de pixels mortes), le fonctionnement de nuit, les zones de pixels mortes en 3D, la précision, la résolution des caméras, et le respect de la vie privée. La surveillance des sujets dans leur vie quotidienne pose un réel problème de

confidentialité (figure 1). En effet, en fonction du capteur, la perception de l'intrusion et du respect de la vie privée sont différents. Cette perception se traduit par une modification des comportements et l'ajout de

- Concernant les systèmes radar [7], l'environnement intérieur susceptibles de générer des cibles multi-trajet et la réglementation des émissions sont contraignants.

Bien qu'il y ait plus de défis technologiques avec le radar, le fait qu'il n'y ait pas de problème juridique concernant les droits d'image et qu'aucune image de sujet ne soit prise, respectant ainsi la vie privée, facilite l'acceptation des utilisateurs finaux et des investisseurs. Pour les raisons susmentionnées, la modalité radar est une piste de recherche intéressante encore inexploitée en milieu spécialisé (EHPAD), en milieu carcéral ou dans les smart homes.

Le radar est considéré comme une technologie émergente pour la surveillance de la santé et la détection des chutes dans la vie assistée en raison d'un certain nombre d'attributs non partagés par d'autres modalités de détection. La méthode la plus courante pour classifier les activités est basée sur l'extraction de caractéristiques issues des signatures micro-doppler (spectrogramme). Le mouvement relatif des composantes structurelles d'un objet / corps génère des zones de pixels uniques dans le domaine temps-fréquence des retours radar. Par conséquent, différentes activités génèrent des caractéristiques distinctives uniques dans les signatures micro-doppler qui peuvent être utilisées pour la classification. En général, les individus mesurent et extraient différentes caractéristiques des spectrogrammes (temps lent, Doppler), suivies de différentes classifications automatiques. Les techniques pour la classification automatique comprennent l'analyse discriminante de Fisher (FDA), les voisins K-plus proches (KNN), la classification Naïve Bayésienne (NB), et les machines à vecteurs de support (SVM).

Récemment, avec l'augmentation de la puissance de calcul, il est devenu possible d'utiliser des méthodes de « deep learning » selon une terminologie anglo-saxonne. Le « deep learning », ou apprentissage profond, regroupe l'ensemble des méthodes d'apprentissage automatique, supervisées ou non-supervisées, et est capable de déterminer automatiquement les caractéristiques les plus pertinentes à des fins de classification.

Par exemple, pour reconnaître un visage en vision par ordinateur avec les réseaux convolutionnels de neurones (CNN), la première couche peut reconnaître les bords à différents angles, puis dans la seconde couche différentes parties du visage (yeux, bouche, nez), puis superposer des faces entières et essayer ensuite de classifier ce qu'il voit.

5 Une autre classe d'architectures d'apprentissage en profondeur utilisées pour le traitement de la parole naturelle sont les réseaux neuronaux récurrents (RNN) avec des unités récurrentes bloquées et la mémoire à long terme (LST).

10 La plupart de ces approches permettent de démontrer que le traitement des signaux issus des spectrogrammes d'un radar rend possible la détection des activités humaines. Les résultats obtenus sont issus de traitement offline sur des bases de données.

Les dimensions embarquées et implémentation temps-réel des traitements ne sont pas abordées. Celles-ci nécessitent de concevoir les algorithmes de classification en prenant en compte dès la conception des contraintes de temps de calcul (débits IO),
15 d'implémentation efficace des traitements en respectant des contraintes supplémentaires de consommation.

EXPOSE DE L'INVENTION

20 Pour répondre à ces objectifs, un nouveau système basé sur le développement d'une architecture de radar logiciel émettant à la fréquence (bande entre 6 MHz et 250 GHz, de préférence bande 2 - 4 GHz, de façon plus préférée entre 2,3 et 2,5 GHz) a été développé (figure 1).

25 Le caractère logiciel du radar rend flexible la forme d'onde qui est émise ainsi que le traitement des signaux, au pied de l'antenne. Ainsi, le traitement des signatures radars de type micro-doppler par des solutions d'algorithmes de traitement d'images et de « machine learning » selon une terminologie anglo-saxonne ou d'apprentissage automatique, permet de caractériser l'actimétrie d'un sujet.

30 L'invention repose sur l'agrégation de plusieurs techniques en vue de répondre à une problématique. Le caractère inventif comprend deux parties :

- Une technique d'extraction de paramètres de forme géométrique issue de technique de vision par ordinateur, sur des images de type spectrogrammes micro-doppler à hautes résolutions représentant des cartes de vitesse / distance.
- Une technique de classification simple, par exemple statistique, permettant le calcul en temps réel ; par exemple une classification binaire ou multiclassée de type SVM.

L'utilisation conjointe de ces deux techniques, permet d'obtenir des performances supérieures à l'état de l'art (approches « deep ») tout en garantissant une implémentation matérielle plus faible (compatible avec un objet connecté de faible puissance de calcul) et une consommation moindre.

La présente invention présente un dispositif pour caractériser en temps réel l'actimétrie d'un sujet, présentant :

- un radar émettant et recevant des signaux radar, et présentant une interface logicielle pour configurer la forme du signal émis ;
- des moyens de traitement et de calcul couplés au radar, présentant un classifieur entraîné à l'aide d'une base de données.

Lesdits moyens de traitement et de calcul sont configurés pour réaliser en temps réel:

-une acquisition d'images micro-doppler couleurs ayant plusieurs canaux de couleurs (R, V, B), présentant chacune des signatures micro-doppler avec des pixels couleurs dont les valeurs d'intensités se répartissent sur une échelle graduelle;

-un traitement des images micro-doppler pour :

- ✓ calculer une image dite monochromatique ayant des pixels monochromatiques, ayant chacun une intensité monochromatique donnée, à partir des pixels couleurs de chaque image micro-doppler couleur ;

- ✓ transformer l'image monochromatique en image binaire par segmentation, selon un seuil d'intensité, des pixels monochromatiques, en réalisant des pixels binaires, dont la valeur binaire pour chaque pixel binaire est fonction de la valeur de l'intensité chromatique du pixel monochromatique associé ou correspondant au pixel binaire (à la même position sur l'image binaire que la position du pixel monochromatique sur l'image chromatique), par rapport à la valeur du seuil, en formant, sur la surface de l'image binaire, des zones segmentées (ou parties délimitées de la surface de l'image binaire) qui présentent des pixels binaires de même valeur binaire, et qui sont issues de la transformation de chaque signature micro-doppler;
- ✓ calculer des valeurs de paramètres sur chaque zone segmentée, chaque paramètre étant uniquement un paramètre qui caractérise la forme géométrique des zones segmentées ;
- ✓ classer chaque image binaire dans une classe se rapportant à l'actimétrie du sujet, en fonction des valeurs des paramètres calculés pour toutes les zones segmentées de l'image binaire, à l'aide du classifieur entraîné.

DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres objectifs, caractéristiques et avantages ressortiront de la description détaillée qui suit en référence aux dessins donnés à titre illustratif et non limitatif parmi lesquels :

- la figure 1 représente un schéma de principe de l'invention ;
- la figure 2 représente des signatures micro-doppler qui vont être traitées par le dispositif et procédé selon l'invention ; les signatures micro-dopplers sont les suivantes : (a) Assis sur une chaise ; (b) Levé d'une chaise ; (c) Flexion et récupération d'un stylo à terre ; (d) Flexion et lace ses lacets ; (e) Tomber en avant ; (f) Accroupissement pour regarder au-dessus et en dessous d'un meuble ;

- la figure 3 représente une chaîne algorithmique de traitement des signatures micro-doppler et qui fait l'objet de la présente invention ;
- la figure 4 représente une preuve de concept de laboratoire et les classes considérées;
- 5 - la figure 5 représente une matrice de confusion.

DESCRIPTION GENERALE DE L'INVENTION

- 10 La présente invention concerne un dispositif 1 pour caractériser en temps réel l'actimétrie d'un sujet, présentant :
- un radar 2 émettant et recevant des signaux radar 2, et présentant une interface logicielle pour configurer la forme du signal émis ;
 - 15 • des moyens de traitement et de calcul 3 couplés au radar 2, présentant un classifieur 3a entraîné à l'aide d'une base de données.

Lesdits moyens de traitement et de calcul 3 sont configurés pour réaliser en temps réel:

- 20 -une acquisition d'images micro-doppler 6 couleurs ayant plusieurs canaux de couleurs (R, V, B), présentant chacune des signatures micro-doppler 6a avec des pixels couleurs dont les valeurs d'intensités se répartissent sur une échelle graduelle;
- 25 -un traitement des images micro-doppler 6 pour :
- ✓ calculer une image dite monochromatique ayant des pixels monochromatiques, ayant chacun une intensité monochromatique donnée, à partir des pixels couleurs de chaque image micro-doppler couleur ;
 - ✓ transformer l'image monochromatique en image binaire par segmentation, selon un
 - 30 seuil d'intensité, des pixels monochromatiques, en réalisant des pixels binaires, dont la valeur binaire pour chaque pixel binaire est fonction de la valeur de l'intensité chromatique du pixel monochromatique associé ou

correspondant au pixel binaire (à la même position sur l'image binaire que la position du pixel monochromatique sur l'image chromatique), par rapport à la valeur du seuil, en formant, sur la surface de l'image binaire, des zones segmentées 5a (ou parties délimitées de la surface de l'image binaire) qui présentent des pixels binaires de même valeur binaire, et qui sont issues de la transformation de chaque signature micro-doppler 6a;

✓ calculer des valeurs de paramètres sur chaque zone segmentée 5a, chaque paramètre étant uniquement un paramètre qui caractérise la forme géométrique des zones segmentées 5a ;

✓ classer chaque image binaire 5 dans une classe se rapportant à l'actimétrie du sujet, en fonction des valeurs des paramètres calculés pour toutes les zones segmentées 5a de l'image binaire 5, à l'aide du classifieur 3a entraîné.

Les pixels couleurs des signatures micro-doppler ont une intensité dont la valeur est fonction d'une réflectivité et d'une vitesse du sujet, et se répartit sur une échelle graduelle (au sens de continu).

Ainsi, la conversion de l'image doppler couleur en l'image monochromatique peut consister à convertir, pour chaque pixel de la représentation doppler couleur, le triplet de valeurs représentant les niveaux des couleurs primaires de chaque pixel couleur en une valeur entière qui en est la somme, et représentant une luminosité ou une intensité lumineuse ou luminance associée à un pixel de représentation ainsi produite.

Chaque zone géométrique segmentée présente ainsi des premiers pixels binaires de même valeur et qui se distingue du fond de la surface de l'image binaire.

En effet le fond de la surface de l'image binaire présente lui aussi des seconds pixels binaires de même valeur mais d'une valeur différente de celle des premiers pixels binaires.

Ainsi les signatures micro-doppler se trouvent segmentées en plusieurs zones géométriques segmentées.

Le calcul de similarité pour classer les images peut être basé sur un calcul de distance dans un hyperplan de dimension N ou N est la taille des paramètres.

La présente invention vise à éviter de faire les calculs de l'état de l'art sur les valeurs représentées dans les signatures micro-doppler couteuses en temps, et ne se porte qu'uniquement sur les caractéristiques de forme géométrique des zones segmentées. La transformation par la binarisation des signatures micro-doppler passe d'une information 3D à une information 2D mais permet de faire des calculs rapides et est efficace pour classer les images.

Le présent dispositif 1 présente des moyens de stockage 4 couplés aux moyens de calcul 3 pour stocker le classifieur 3a, les images micro-doppler 6, les images monochromatiques, les images binaires 5 et le classement obtenu des images binaires 5.

Le traitement des images micro-doppler 6 peut balayer chacune des images binaires en temps réel avec une sous-fenêtre coulissante; et pour chaque position de ladite sous-fenêtre coulissante, il est extrait des paramètres de forme géométrique pour classer chaque sous-image extraite de l'image binaire considérée, dans une classe se rapportant à l'actimétrie du sujet.

Cette sous-fenêtre est utilisée pour la cohérence temporelle des classes (ou activités extraites) et procéder à du suivi (en anglais « tracking »); pour réaliser cette opération de « tracking », il est nécessaire d'adapter l'extraction des paramètres géométriques au cours du temps.

Cette adaptation passe par les modifications des paramètres d'acquisition (tels que le temps de mesure, l'intensité lumineuse, la ou les formes des ondes) en fonction des zones segmentées et des classes attendues, pour modifier les prochaines zones segmentées à venir.

Dans une réalisation, le calcul de l'image monochromatique est réalisé avec la couleur grise qui est fonction de la valeur des canaux de couleur (R, V, B) des pixels couleurs, par exemple en suivant la formule : $\text{Gris} = 0.299 \cdot \text{Rouge} + 0.587 \cdot \text{Vert} + 0.144 \cdot \text{Bleu}$, pour chaque pixel des images microdopplers couleurs qui a une valeur d'intensité rouge, une valeur d'intensité vert et une valeur d'intensité bleu.

Avantageusement, le dispositif 1 est configuré pour caractériser en continu l'actimétrie de la personne, la base de données étant alimentée et augmentée en continu avec le classement obtenu des images binaires 5 réalisé par le classifieur 3a.

Avantageusement, les moyens de traitement et de calcul 3 sont configurés pour filtrer (supprimer) les pixels de même valeur binaire que les pixels des zones segmentées, mais situés à distance des zones segmentées 5a.

Par exemple, il est utilisé un filtrage morphologique érosion et dilatation pour supprimer ces pixels isolés, qui sont situés à plusieurs pixels de distance de ces zones segmentées et qui visiblement ne font pas partie de ces dernières.

Les valeurs des paramètres de forme géométrique de chaque zone segmentée 5a de pixels binaires de même valeur binaire, ne sont pas des valeurs de fréquence, temps, vitesse, puissance, mesurées sur les signatures micro-doppler, comme c'est le cas dans l'état de l'art.

Avantageusement, le classifieur 3a des moyens de calcul 3, classe les images sans utiliser de réseaux de neurones, tels que des réseaux de neurones convolutionnels (CNN), ou des réseaux de neurones multicouches (DNN), trop coûteux en temps.

Avantageusement, le dispositif 1 est embarqué, et le classifieur 3a est choisi notamment dans la liste suivante :

- un boosting algorithm ;
- une cascade adaboost ;
- apprentissage actif ("active learning" en terminologie anglo-saxonne) ;

-un classifieur 3a binaire ou et/ou une cascade de classifieurs binaires ;
 -un classifieur multi-classe (exemple SVM (en anglais « Support Vector Machine » à noyau cubique)).

- 5 Le boosting regroupe un ensemble d'algorithmes tels que : Adaboost, LPBoost, TotalBoost, BrownBoost, xgboost, MadaBoost, LogitBoost. Le Boosting est une méthode séquentielle et chaque échantillon est tiré en fonction des performances de la règle de base sur l'échantillon précédent. Le Boosting et sa mise en œuvre sont décrits en détail dans Freund & Schapire 1999 (Machine Learning Large. Margin Classification Using the Perceptron Algorithm). Dans
 10 le cadre d'un apprentissage actif, un algorithme d'apprentissage est capable d'interroger de manière interactive l'utilisateur (ou une autre source d'informations) pour obtenir les sorties souhaitées à de nouveaux points de données.

Les caractéristiques de forme géométrique de chaque zone segmentée 5a de pixels binaires
 15 de même valeur sont choisies notamment parmi la liste suivante: surface, périmètre, centroïde de degré 1, de degré 2, orientation, calcul des moments d'ordre 0, 1 et 2 à n, Carré englobant, Ellipse englobante, etc.

De façon plus précise, par exemple, il peut être considéré :

- 20 - Surface = $Surface = \sum_x \sum_y p_{x,y}$ avec $p_{x,y}$ appartient {forme i}.
- $P_{x,y}$ représente la valeur du pixel aux coordonnées x,y dans l'image. La surface comptabilise le nombre de pixel ayant la même valeur, '1', dans l'image. Avantageusement, la détection de contour est obtenue par un filtrage convolutionnel par le noyau de Sobel.

- 25 - Périmètre = Somme des $p_{x,y}$ appartenant au pourtour de la surface. Le périmètre est obtenu en sommant tous les pixels de la même valeur sur le contour de la forme. Un opérateur de Sobel est utilisé pour définir le contour de la surface. Ainsi, l'équation suivante peut être utilisée :

30
$$Perimetre = \sum_x \sum_y p_x \cdot p_y \text{ avec } x, y \in \{bordure \text{ de la forme } i\},$$

- Moment d'ordre 0 :

$$M_0 = \sum_x \sum_y p_x^i \cdot p_y^j \text{ avec } x, y \in \{\text{forme } i\} \text{ et } i \text{ et } j = 0$$

- Centroïde de degré 1 (moment d'ordre 1), correspondant au centre de masse de la forme. Il est de coordonnées g_x et g_y , et, calculé à partir des équations suivantes :

$$g_x = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N p_{x_i} \text{ et } g_y = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N p_{y_i}$$

avec N le nombre de pixel total dans l'image, p_{x_i} l'abscisse du pixel et p_{y_i} l'ordonnée du pixel. Il peut aussi être obtenu selon l'équation suivante :

$$M_1 = \sum_x \sum_y p_x^i \cdot p_y^j \text{ avec } x, y \in \{\text{forme } i\} \text{ et } i \text{ et } j = 1,$$

- Centroïde de degré 2, il est calculé par exemple à partir de l'équation suivante :

$$M_2 = \sum_x \sum_y p_x^i \cdot p_y^j \text{ avec } x, y \in \{\text{forme } i\} \text{ et } i \text{ et } j = 2$$

- Orientation : obtenue par la détermination de la droite passant par le moment d'ordre 1 et qui minimise la distance des points de contours à la droite.

Exemples :

- pour la surface : comptage des pixels blancs, moment d'ordre 0 (moyennes selon l'axe x et y) ;
 - pour le périmètre : détection de contour (algorithme de Sobel) + comptage des pixels blancs ;
 - pour le calcul des moments d'ordre 1 et 2 :
- $$M_{m,n} = \text{somme}(\text{somme}(x^m y^n f(x,y) dx dy))$$
- Carré englobant ;
 - Ellipse englobante.

Par exemple des polynômes de Legendre peuvent être utilisés.

Dans une réalisation, la segmentation des pixels est réalisée à l'aide d'un seuil binaire fixe. Dans une autre réalisation, la segmentation des pixels est réalisée à l'aide d'un seuil binaire adaptatif ou variable en fonction de la luminance (exemple : dans la publication Otsu [9]).

- 5 Les classes peuvent être choisies parmi la liste suivante :
- marche,
 - course
 - levée,
 - assise,
 - 10 -classe TUG.

Les classes peuvent être choisies parmi la liste suivante :

- marche avec un objet porté avec 2 mains,
- chute,
- 15 -assise sur une chaise,
- lacer ses lacets,
- marche parkinsonienne,
- assise au sol,
- ramasser un objet,
- 20 -chercher un objet sous une chaise,
- lever d'une chaise et marche.

- Avantageusement, les moyens de calcul 3 sont configurés pour stocker les séquences successives de classe obtenues, et déterminer une carte d'activité du sujet, notamment en
- 25 utilisant des chaînes de Markov, des arbres de décision binaire ou pas, etc..

Dans une réalisation, le radar 2 est mono-statique (un émetteur et un récepteur).

- 30 Dans une autre réalisation, le radar 2 est bi-statique (un émetteur et plusieurs récepteurs).

Le radar 2 émet les signaux radar selon une bande de fréquence comprise entre 6 MHz et 250 GHz, de préférence entre 2 et 4 GHz, de façon plus préférée entre 2,3 et 2,5 GHz

L'interface logicielle radar peut permettre d'émettre des ondes choisies par exemple parmi
5 les catégories suivantes :

o Onde continue

o Onde continue modulée en fréquence: linéaire et non linéaire

10

o Multiplexage par division de fréquence orthogonale

- Code de phase Newman

- M_ary - Clé par décalage de phase

- M_ary - Modulation d'amplitude en quadrature

15

- Codage de phase porteuse aléatoire

- Codage de phase de porteuse optimisé avec des algorithmes génétiques

o OFDM clairsemé

20

o GFDM

o Codage de fréquence Costas

o Codes Barker

25

o Codes de phase Chirplike

- Codes P1, P2 et Px

- Code Zadoo-chu

- Codes P3, P4 et Golomb

30

- Codes de phase basés sur NLFM

- Code Ipatov

- Code Huffman

- o MFSK

- 5 o Onde continue modulée à fréquence échelonnée

- o Train cohérent d'impulsions

- o Train cohérent d'impulsions modulées

10

- o Train cohérent de diverses impulsions modulées

- o Formes d'onde arbitraires

15 Le seuil s'adapte par rapport à l'image créée à partir du signal.

Le seuil d'intensité lumineuse est lié à la forme d'onde émise, et est conformé par rapport aux intensités lumineuses des micro- images -doppler couleurs elles-mêmes formées à partir du signal radar émis.

20

La forme d'onde est configurée par rapport à la taille de la pièce et au besoin en ambiguïté, distance et Doppler.

Le signal peut être configuré pour être plus précis ou moins en distance, suivant les besoins.

25 Les formes d'onde peuvent être configurées pour que les codes soient orthogonaux pour éviter les interférences entre radars qui peuvent opérer dans le même bâtiment et aussi éviter les interférences d'autres appareils alentours

La présente invention concerne aussi un système de contrôle de l'actimétrie d'un sujet, ledit système comprenant :

30

- un bâtiment avec des murs ;

- un dispositif 1 selon l'invention, ledit dispositif étant intégré dans un mur dudit bâtiment.

Le dispositif 1 peut être couplé avec un dispositif d'alerte et de contrôle, apte à alerter d'une nécessité d'intervention sur le sujet dont l'actimétrie est suivie, si la succession de classes
5 des images binaires 5, déterminée en temps réel, indique comme carte d'activité un comportement à risque.

Comme mentionné ci-dessus, dans ledit système le dispositif 1 comporte :

-un ou plusieurs radars monostatiques ; et/ ou

10 -un ou plusieurs radars bistatiques.

Des premiers traitements ont été développés pour la reconnaissance de l'actimétrie de sujet. Une base de données a été constituée à partir d'un prototype de radar 2 logiciel, composée de 10 classes (marche, marche avec un objet porté avec 2 mains, chute, assise sur une
15 chaise, lace ses lacets, marche parkinsonienne, assise au sol, ramasse un objet, cherche un objet sous une chaise, levée d'une chaise et marche), de 5 sujets. 10 caractéristiques sont extraites des images correspondant à des paramètres de forme géométriques (surface, périmètre, centroïde de degré 1, de degré 2, orientation, etc.). 70% des caractéristiques extraites ont été utilisées pour entraîner des modèles statistiques (SVM – Support Vector
20 Machine à noyau cubique) (figure 2).

A partir de la base de données, la précision (en anglais « accuracy ») sur l'ensemble des 10 classes est de 84.5% (figure 3). Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par des réseaux de neurones convolutionnels – CNN – mais avec une plus faible complexité
25 algorithmique, les rendant plus optimisés pour une implémentation en temps réel.

APPLICATIONS PRINCIPALES DE L'INVENTION

1. Détection des chutes à domicile, en EHPAD et en milieu hospitalier.

5 2. Aide à l'évaluation des déficiences de la marche pour les professionnels de la santé (Kinésithérapie par exemple).

La quantification de tests utilisés en routine clinique pour détecter d'éventuelle pathologie ou fragilité. Les trois principaux tests sont le TUG – en anglais « Time Up and Go », le test de l'appui unipodal et le test de Tinetti. Ces tests permettent de fournir une évaluation de la
10 qualité de la marche et de l'équilibre du sujet pour ainsi évaluer son état. A partir des images des spectrogrammes, il est possible de calculer la classe TUG, celle du test de l'appui unipodal ou celle du test de Tinetti.

Ensuite, une fois la classe TUG identifiée par exemple, il devient possible d'extraire des métriques spécifiques et d'objectiver les mesures de TUG, notamment. Les premiers
15 résultats permettent d'identifier un test de TUG avec 100% de précision. Pour cela, des métriques supplémentaires devront être définies pour extraire des qualités métrologiques du TUG.

L'observation répétée de l'activité d'un sujet au cours du temps permettra d'identifier les
20 signes de dégradation de la marche. Après avoir identifié la classe de l'activité (marche, marche lente, ...) des métriques sur la marche peuvent être extraites des spectrogrammes pour caractériser son comportement biomécanique comme la longueur du pas, les vitesses de marche (min, max, moyenne), les asymétries spatio-temporelles, la cadence de marche et l'évolution du centre de gravité. Le suivi de ces paramètres permettra de détecter des
25 variations de comportement et d'identifier des dégradations pouvant amener à des chutes.

3. Détection des suicides en milieu carcéral

Le suivi de l'activité en temps-réel du détenu à risques à partir de la solution ici présenté permettra d'anticiper les situations extrêmes de suicide (risque 7 fois plus élevé que dans le
30 reste de la population) en identifiant des signatures caractéristiques de l'activité.

Publications citées :

- [1] M. G. Amin, Y. D. Zhang, F. Ahmad, and K. C. D. Ho, "Radar 2 Signal Processing for Elderly Fall Detection: The future for in-home monitoring," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 33, no. 2, pp. 71-80, 2016.
- 5 [2] (2012). *Report to Congress: Aging services Technology Study*.
- [3] C. Debes, A. Merentitis, S. Sukhanov, M. Niessen, N. Frangiadakis, and A. Bauer, "Monitoring Activities of Daily Living in Smart Homes: Understanding human behavior," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 33, no. 2, pp. 81-94, 2016.
- 10 [4] H. Li, A. Shrestha, F. Fioranelli, J. L. Kernec, and H. Heidari, "Multisensory Data Fusion for Human Activities Classification and Fall Detection," presented at the IEEE Sensors 2017, Glasgow, UK, 30 Oct - 1 Nov, 2017.
- [5] E. Cippitelli, F. Fioranelli, E. Gambi, and S. Spinsante, "Radar 2 and RGB-Depth Sensors for Fall Detection: A Review," *IEEE Sensors Journal*, vol. 17, no. 12, pp. 3585-3604, 2017.
- 15 [6] E. Cippitelli, F. Fioranelli, E. Gambi, and S. Spinsante, "Radar 2 and RGB-Depth Sensors for Fall Detection: A Review," *IEEE Sensors Journal*, vol. 17, no. 12, pp. 3585-3604, 2017.
- [7] M. G. Amin, Y. D. Zhang, F. Ahmad, and K. C. D. Ho, "Radar 2 Signal Processing for Elderly Fall Detection: The future for in-home monitoring," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 33, no. 2, pp. 71-80, 2016.
- 20 [8] B. Jokanović and M. Amin, "Fall Detection Using Deep Learning in Range-Doppler Radar 2s," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. PP, no. 99, pp. 1-1, 2017.
- [9] Nobuyuki Otsu, « A threshold selection method from gray-level histograms », *IEEE Trans. Sys., Man., Cyber.*, vol. 9, 1979, p. 62–66

REVENDECATIONS

1. Dispositif (1) pour caractériser en temps réel l'actimétrie d'un sujet, présentant :

- 5 • un radar (2) émettant et recevant des signaux radar et présentant une interface
logicielle pour configurer la forme du signal émis ;
- des moyens de traitement et de calcul (3) couplés au radar (2), présentant un
classifieur (3a) entraîné à l'aide d'une base de données,
- 10 lesdits moyens de traitement et de calcul (3) étant configurés pour réaliser en temps
réel :
- une acquisition d'images micro-doppler (6) couleurs ayant plusieurs canaux de couleurs (R,
15 V, B), présentant chacune des signatures micro-doppler (6a) avec des pixels couleurs;
- un traitement des images micro-doppler (6) pour :
- ✓ calculer une image dite monochromatique ayant des pixels monochromatiques, ayant
chacun une intensité monochromatique donnée, à partir des pixels couleurs de chaque
20 image micro-doppler couleur ;
- ✓ transformer l'image monochromatique en image binaire par segmentation, selon un
seuil binaire d'intensité lumineuse, des pixels monochromatiques,
- en réalisant des pixels binaires, dont la valeur binaire pour chaque pixel binaire est
fonction de la valeur de l'intensité chromatique du pixel monochromatique associé au pixel
25 binaire, par rapport à la valeur du seuil d'intensité,
- en formant, sur la surface de l'image binaire, des zones segmentées (5a) qui présentent
des pixels binaires de même valeur binaire, et qui sont issues de la transformation de chaque
signature micro-doppler (6a);
- 30 ✓ calculer des valeurs de paramètres de forme géométrique sur chaque zone
segmentée (5a), chaque paramètre de forme géométrique étant uniquement un
paramètre qui caractérise la forme géométrique des zones segmentées (5a) ;

- ✓ classer chaque image binaire (5) dans une classe se rapportant à l'actimétrie du sujet, en fonction des valeurs des paramètres calculés pour toutes les zones segmentées (5a) de l'image binaire (5), à l'aide du classifieur (3a) entraîné avec ces paramètres de forme géométriques calculés sur des zones segmentées d'images binaires de sujets tests ayant une actimétrie connue,

- des moyens de stockage (4) couplés aux moyens de traitement et de calcul (3) pour stocker le classifieur (3a), les images micro-doppler (6), les images monochromatiques, les images binaires (5) et le classement obtenu des images binaires (5).

2. Dispositif (1) selon la revendication 1, dans lequel les paramètres de forme géométrique de chaque zone segmentée (5a) de pixels binaires sont choisis notamment parmi la liste suivante :

- surface,
- périmètre,
- centroïde de degré 1,
- centroïde de degré 2,
- orientation,
- Calcul des moments d'ordre 0, 1 et 2 à n ,
- Carré englobant , et/ou
- Ellipse englobante.

3. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes 1 ou 2, dans lequel la segmentation des pixels est réalisée à l'aide d'un seuil binaire d'intensité lumineuse variable en fonction de la luminance.

4. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la segmentation des pixels est réalisée à l'aide d'un seuil binaire d'intensité lumineuse selon la méthode d'Otsu.

5. Dispositif (1) selon la revendication 1, dans lequel la segmentation des pixels est réalisée à l'aide d'un seuil binaire d'intensité lumineuse qui est fixe.

6. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le classifieur (3a) est un classifieur binaire et/ou une cascade de classifieurs binaires.
- 5 7. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le classifieur (3a) est un classifieur multi-classes tel que par exemple les machines à vecteurs de support (SVM).
- 10 8. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif (1) est configuré pour caractériser en continu l'actimétrie du sujet, la base de données est alimentée en continu avec le classement obtenu des images binaires (5) du sujet avec les paramètres de forme géométrique appliqués à chaque zone segmentée et réalisé par le classifieur (3a) à partir des images micro-doppler (6).
- 15 9. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les moyens de traitement et de calcul (3) sont configurés pour filtrer les pixels de même valeur binaire que les pixels des zones segmentées, mais situés à distance des zones segmentées (5a).
- 20 10. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le classifieur (3a) des moyens de traitement et de calcul (3), classe les images binaires (5), sans utiliser de réseaux de neurones, tels que des réseaux de neurones convolutionnels, ou des réseaux de neurones multicouches.
- 25 11. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif (1) est embarqué.
12. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le traitement des images micro-doppler (6) balaye chacune des images binaires (5) en temps réel avec une sous-fenêtre coulissante;

et pour chaque position de ladite sous-fenêtre coulissante, il est extrait des paramètres de forme géométrique pour classer chaque sous-image extraite de l'image binaire considérée, dans une classe se rapportant à l'actimétrie du sujet.

- 5 13. Dispositif (1) selon la revendication 12, dans lequel le traitement des images micro-doppler (6) permet avec la sous-fenêtre glissante de réaliser du tracking pour modifier les paramètres d'acquisition tels que le temps de mesure, l'intensité lumineuse, la forme des ondes, en fonction des zones segmentées (5a) et des classes attendues, pour modifier les prochaines zones segmentées (5a) à venir.
- 10 14. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le calcul de l'image monochromatique est réalisé en nuance de gris, ladite nuance de gris étant fonction de la valeur des canaux de couleur (R, V, B) des pixels couleurs.
- 15 15. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le calcul de l'image monochromatique est réalisé avec la couleur grise qui est fonction de la valeur des canaux de couleur (R, V, B) des pixels couleurs, en suivant la formule : $\text{Gris} = 0.299 \cdot \text{Rouge} + 0,587 \cdot \text{Vert} + 0.144 \cdot \text{Bleu}$, pour chaque pixel des images micro-doppler (6) couleurs qui a une valeur d'intensité rouge, une valeur d'intensité vert et une valeur
- 20 d'intensité bleu.
16. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la classe est choisie parmi la liste suivante :
- marche ;
 - 25 -course ;
 - levée ;
 - assise ;
 - classe TUG.
- 30 17. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la classe est choisie parmi la liste suivante :

- marche avec un objet porté avec 2 mains ;
- chute ;
- assise sur une chaise ;
- lacer ses lacets ;
- 5 -marche parkinsonienne ;
- assise au sol ;
- ramasser un objet ;
- chercher un objet sous une chaise ;
- lever d'une chaise et marche.

10

18. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les moyens de stockage (4) sont configurés pour stocker les séquences successives de classes obtenues, et déterminer une carte d'activité du sujet.

15 19. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le radar (2) émet les signaux radar selon une bande de fréquence comprise entre 6 MHz et 250 GHz, de préférence entre 2 et 4 GHz, de façon plus préférée entre 2,3 et 2,5 GHz.

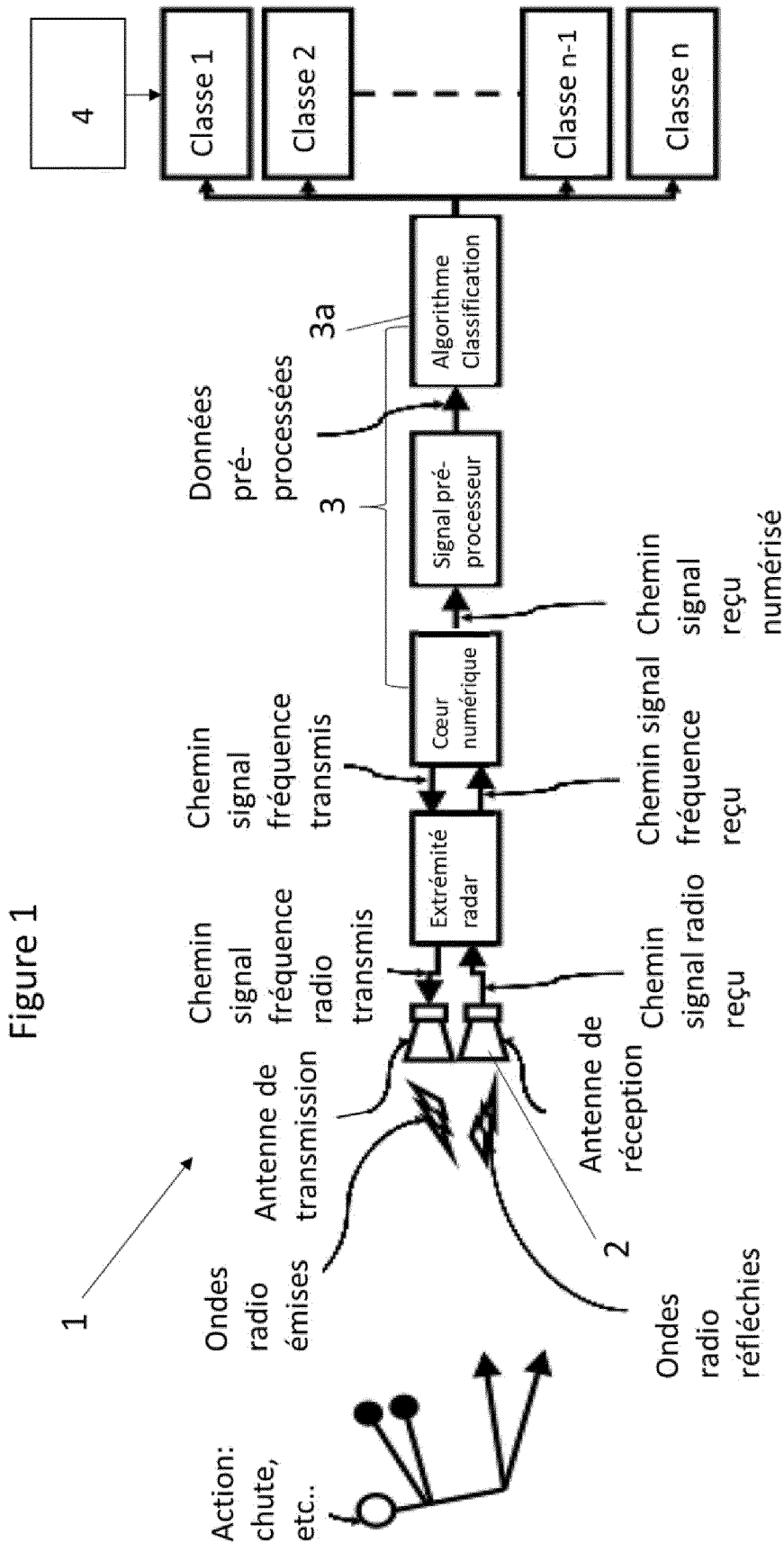
20. Système de contrôle de l'actimétrie d'un sujet, ledit système comprenant :

- 20
- un bâtiment avec des murs ;
 - un dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, ledit dispositif étant intégré dans un mur dudit bâtiment.

25 21. Système selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif (1) est couplé avec un dispositif d'alerte et de contrôle, apte à alerter d'une nécessité d'intervention sur le sujet dont l'actimétrie est suivie, si la succession de classes des images binaires (5), déterminée en temps réel, indique comme carte d'activité un comportement à risque.

22. Système selon l'une des revendications 20 ou 21, dans lequel le dispositif comporte :

- 30
- un ou plusieurs radars monostatiques ; et/ ou
 - un ou plusieurs radars bistatiques.



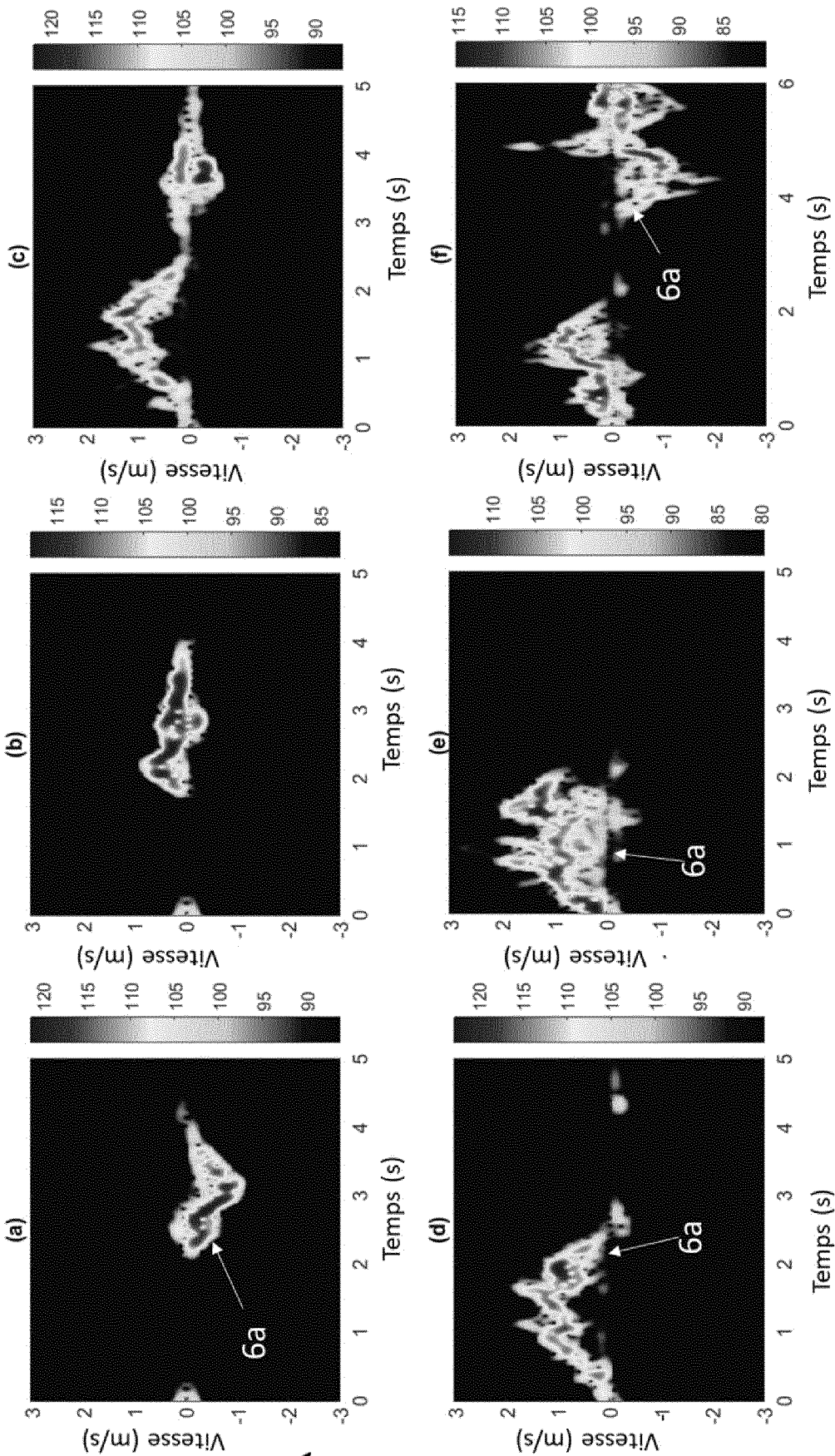
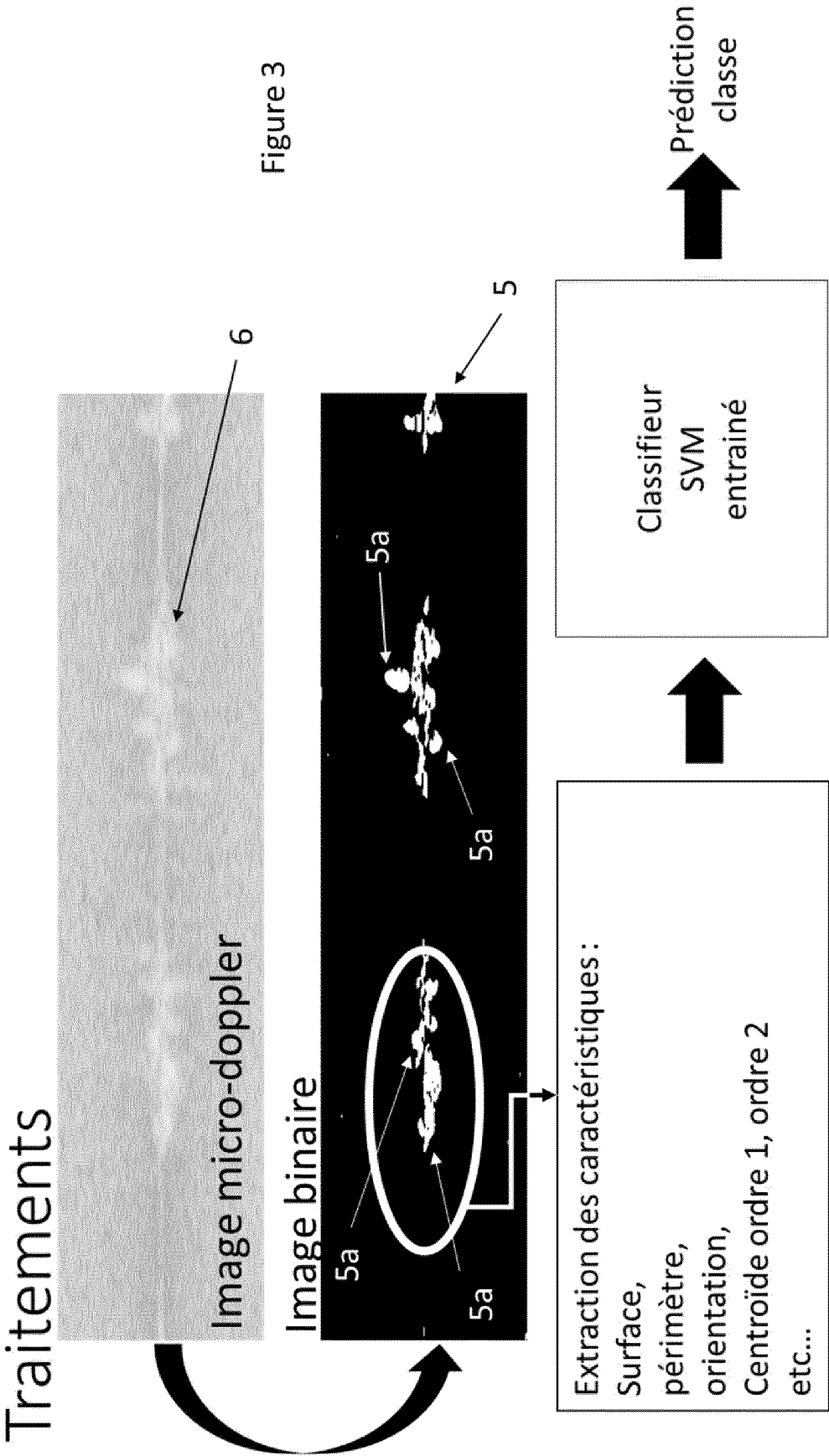


Figure 2

6



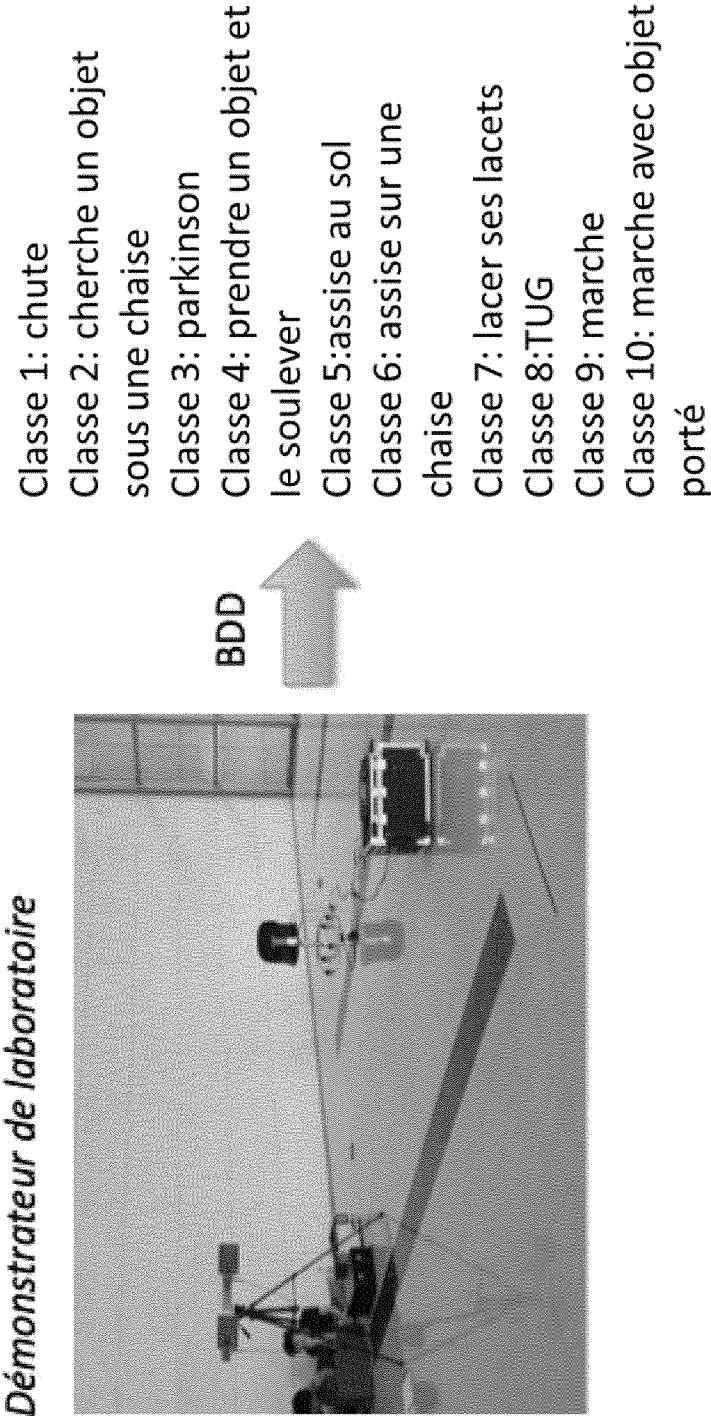
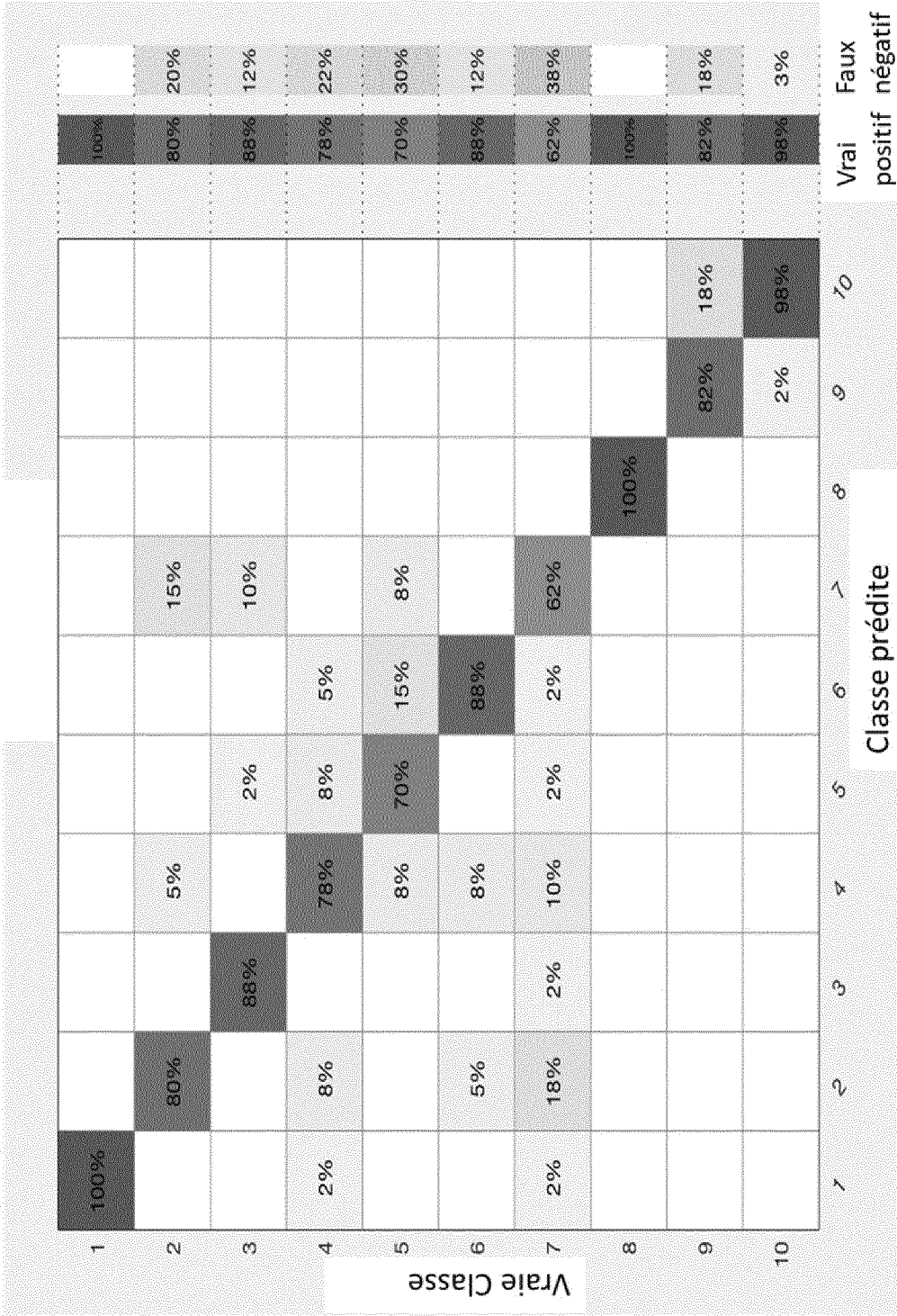


Figure 4

Figure 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/078161

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01S13 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01S Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HE MI ET AL. "Human Fall Detection Based on Machine Learning Using a THz Radar System" 2019 IEEE RADAR CONFERENCE (RADARCONF), IEEE, 22 April 2019 (2019-04-22), pages 1-5 DOI: 10.1109/RADAR.2019.8835828 XP033616856 the whole document	1-22
A	WU QISONG ET AL. "Radar-based fall detection based on Doppler time-frequency signatures for assisted li" IET RADAR SONAR NAVIGATION, THE INSTITUTION OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, UK, Vol. 9, No. 2, 01 February 2015 (2015-02-01), pages 164-172 DOI: 10.1049/IET-RSN.2014.0250 ISSN: 1751-8784, XP006051698 the whole document	1-22
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 27 November 2020		Date of mailing of the international search report 14 December 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Kern, Olivier Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/078161

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JAVIER RIOS JESUS ET AL. "Application of Linear Predictive Coding for Human Activity Classification Based on Micro-Doppler Signatures" <i>IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS</i> , <i>IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US</i> , Vol. 11, No. 10, 01 October 2014 (2014-10-01), pages 1831-1834, [retrieved on 2014-05-12] DOI: 10.1109/LGRS.2014.2311819 ISSN: 1545-598X, XP011548152 the whole document	1-22
A	FIORANELLI FRANCESCO ET AL. "Bistatic human micro-Doppler signatures for classification of indoor activities" <i>2017 IEEE RADAR CONFERENCE (RADARCONF)</i> , <i>IEEE</i> , 08 May 2017 (2017-05-08), pages 610-615 DOI: 10.1109/RADAR.2017.7944276 XP033104089 the whole document	1-22

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/078161

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01S13 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01S		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	HE MI ET AL: "Human Fall Detection Based on Machine Learning Using a THz Radar System", 2019 IEEE RADAR CONFERENCE (RADARCONF), IEEE, 22 avril 2019 (2019-04-22), pages 1-5, XP033616856, DOI: 10.1109/RADAR.2019.8835828 [extrait le 2019-09-12] le document en entier ----- -/--	1-22
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☐ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
27 novembre 2020		14/12/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale		Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Kern, Olivier

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WU QISONG ET AL: "Radar-based fall detection based on Doppler time-frequency signatures for assisted li", IET RADAR SONAR NAVIGATION, THE INSTITUTION OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, UK, vol. 9, no. 2, 1 février 2015 (2015-02-01), pages 164-172, XP006051698, ISSN: 1751-8784, DOI: 10.1049/IET-RSN.2014.0250 le document en entier -----	1-22
A	JAVIER RIOS JESUS ET AL: "Application of Linear Predictive Coding for Human Activity Classification Based on Micro-Doppler Signatures", IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 11, no. 10, 1 octobre 2014 (2014-10-01), pages 1831-1834, XP011548152, ISSN: 1545-598X, DOI: 10.1109/LGRS.2014.2311819 [extrait le 2014-05-12] le document en entier -----	1-22
A	FIORANELLI FRANCESCO ET AL: "Bistatic human micro-Doppler signatures for classification of indoor activities", 2017 IEEE RADAR CONFERENCE (RADARCONF), IEEE, 8 mai 2017 (2017-05-08), pages 610-615, XP033104089, DOI: 10.1109/RADAR.2017.7944276 [extrait le 2017-06-07] le document en entier -----	1-22