

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 25.01.00.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 27.07.01 Bulletin 01/30.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE CNRS Etablissement
public à caractère scientifique et technologique — FR.

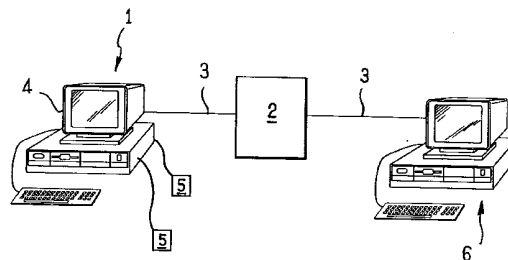
⑦② Inventeur(s) : HERVY ROBERT, ROMARY
LAURENT, CHARPILLET FRANÇOIS, PIERREL JEAN
MARIE, THOMESSE JEAN PIERRE, PETITJEAN
ETIENNE, JEANPIERRE LAURENT, DURAND
PIERRE YVES et CHANLIAU JACQUES.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : REGIMBEAU.

⑤④ SYSTEME POUR LE SUIVI A DISTANCE DE PATIENTS.

⑤⑦ Système de suivi de patients à domicile comportant des moyens d'interface chez le patient, des moyens d'interface chez un médecin, un serveur relié par un réseau tel qu'un réseau téléphonique aux moyens d'interface chez le patient et aux moyens d'interface chez le médecin, ledit serveur recevant des moyens d'interface chez le patient des valeurs de paramètres physiologiques mesurées par le patient ou par des capteurs et comportant des moyens pour mémoriser un historique, correspondant à une certaine période de temps, sur les valeurs de paramètres physiologiques qui lui sont transmises, ledit serveur comportant en outre des moyens pour mettre en œuvre sur les valeurs de paramètres physiologiques transmises par le patient un traitement en vue de leur présentation et de la présentation de leur évolution sur les moyens d'interface chez le médecin, caractérisé en ce que lesdits moyens mettent en œuvre sur les dernières valeurs de paramètres physiologiques qui sont transmises au serveur un traitement comparant l'état défini par ces différentes valeurs de paramètres physiologiques à des états d'alerte définis en fonction de l'historique mémorisé pour le patient et comportent des moyens pour transmettre les résultats de ce traitement aux moyens d'interface chez le médecin.



SYSTEME POUR LE SUIVI A DISTANCE DE PATIENTS

PRESENTATION GENERALE DE L'INVENTION

5 La présente invention est relative à un système pour le suivi à distance de patients.

 On connaît déjà des systèmes de surveillance médicale à distance dans lesquels le patient est équipé de moyens par lesquels il transmet au médecin qui le suit des valeurs de paramètres physiologiques permettant un suivi quotidien du
10 patient.

 On pourra par exemple à cet égard se référer à la demande de brevet FR 2 717 332.

 Dans le système décrit dans cette demande de brevet, il est mis en œuvre sur les données reçues du patient un traitement permettant au médecin de
15 prendre facilement connaissance des données qui lui sont transmises (présentations sous forme de tableaux, de graphiques, de statistiques, etc.) et de mettre en évidence pour celui-ci l'évolution des paramètres physiologiques mesurés sur une certaine période de temps.

 Un but de l'invention est de proposer un système de suivi à distance de
20 patients qui est encore amélioré et constitue pour le médecin un véritable outil d'assistance apte à mettre en évidence les évolutions anormales de l'état d'un patient et ce avec une grande fiabilité.

 Un autre but de l'invention, plus général, est de proposer un système permettant d'améliorer la qualité du suivi des patients, en même temps que leur
25 confort, leur sécurité, leurs relations avec le monde médical et qui puisse également être utilisé pour une assistance à la recherche médicale.

 Ainsi, l'invention propose un système de suivi de patients à domicile comportant des moyens d'interface chez le patient, des moyens d'interface chez un médecin, un serveur relié par un réseau tel qu'un réseau téléphonique aux
30 moyens d'interface chez le patient et aux moyens d'interface chez le médecin, ledit serveur recevant des moyens d'interface chez le patient des valeurs de paramètres physiologiques mesurées par le patient ou par des capteurs et comportant des moyens pour mémoriser un historique, correspondant à une

certaine période de temps, sur les valeurs de paramètres physiologiques qui lui sont transmises, ledit serveur comportant en outre des moyens pour mettre en œuvre sur les valeurs de paramètres physiologiques transmises par le patient un traitement en vue de leur présentation et de la présentation de leur évolution sur

- 5 les moyens d'interface chez le médecin, caractérisé en ce que lesdits moyens mettent en œuvre sur les dernières valeurs de paramètres physiologiques qui sont transmises au serveur un traitement comparant l'état défini par ces différentes valeurs de paramètres physiologiques à des états d'alerte définis en fonction de l'historique mémorisé pour le patient et comportent des moyens pour transmettre
10 les résultats de ce traitement aux moyens d'interface chez le médecin.

Un tel système est avantageusement complété par les différentes caractéristiques suivantes prises seules ou selon toutes leurs combinaisons possibles :

- lesdits moyens de traitement comparent les valeurs de paramètres
15 physiologiques ou des valeurs d'autres paramètres déterminées en fonction de celles-ci à des valeurs seuils qui sont déterminées en fonction de l'historique mémorisé et, lorsqu'une telle valeur seuil est dépassée, transmettent un message d'alerte aux moyens d'interface chez le médecin et/ou chez le patient ;

- les moyens de traitement déterminent des valeurs de paramètres appelés
20 paramètres de tendances qui sont fonction des dernières valeurs de paramètres physiologiques transmises par l'interface chez le patient et d'une partie de l'historique mémorisé qui précède juste dans le temps la transmission de ces dernières valeurs de paramètres physiologiques, comparent ces valeurs de paramètres de tendances à des valeurs seuils et, lorsqu'une telle valeur seuil est
25 dépassée, transmettent un message d'alerte aux moyens d'interface chez le médecin et/ou chez le patient ;

- au moins une partie des dernières valeurs de paramètres physiologiques transmises par l'interface chez le patient sont en outre comparées à d'autres valeurs seuils indépendante de l'historique et en ce que la valeur d'au moins un
30 paramètre de tendance est modifiée lorsque l'une de ces valeurs seuils est dépassée ;

- les moyens de traitement déterminent sur les dernières valeurs de paramètres physiologiques qui sont transmises au serveur, et en fonction de

l'historique du patient, les probabilités de se trouver dans un état d'alerte donnée, les probabilités ainsi déterminées pour les différents états possibles pour le patient étant transmises aux moyens d'interface chez le médecin ;

5 - le serveur comporte des moyens pour, lorsqu'un patient cherche à se connecter, identifier ledit patient, interrompre la communication et se connecter aux moyens d'interface dudit patient ;

 - les moyens d'interface chez le patient ne permettent à celui-ci de transmettre des informations à destination du médecin que lorsque le patient a rempli une fiche de paramètres quotidiens ;

10 - les moyens d'interface chez le patient comportent des moyens pour contrôler la cohérence des valeurs de paramètres physiologiques mesurées et transmises par le patient.

PRESENTATION DES FIGURES

15

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit. Cette description est purement illustrative et non limitative. Elle doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

20 - la figure 1 est une représentation schématique illustrant une architecture opérationnelle d'un système conforme à un mode de réalisation possible pour l'invention ;

 - la figure 2 est un graphe sur lequel on a porté des courbes qui illustrent des fonctions utilisées par le serveur du système de la figure 1 ;

25 - la figure 3 et la figure 4 sont deux graphes illustrant deux modes de présentation possibles des résultats du traitement du serveur au niveau des moyens d'interface chez le médecin ;

 - la figure 5 est un graphe sur lequel on a porté différentes courbes utilisées pour le calcul des probabilités.

30

DESCRIPTION D'UN OU PLUSIEURS MODES DE REALISATION PARTICULIERS

Architecture générale

5

Le système qui est illustré sur la figure 1 comporte des moyens d'interface 1 disposés au domicile du patient, un serveur informatique 2 avec lequel les moyens 1 dialoguent par l'intermédiaire du réseau téléphonique, référencé par 3, et des moyens d'interface 6 disposés chez le médecin.

10

Les moyens 1 au domicile du patient sont constitués par un terminal informatique 4 qui est éventuellement relié à des capteurs 5 qui permettent d'enregistrer automatiquement des valeurs de paramètres physiologiques du patient.

15

Le patient échange par exemple quotidiennement avec le serveur 2 à partir des moyens 1.

A cet effet, lorsque le patient s'est connecté au serveur 2 par sa ligne téléphonique, il s'identifie en fournissant au serveur 2 un code d'identification, ainsi qu'un mot de passe.

20

La communication est alors interrompue et le patient est ré-appelé par le serveur 2.

Comme on l'aura compris, cette décomposition de la connexion en deux étapes, et notamment le fait que le serveur ré- appelle le patient après que celui-ci se soit identifié, permet de sécuriser l'utilisation du système.

25

Une fois la connexion ré-établie, un premier écran présente au patient les messages que son médecin a pu lui laisser.

30

Une fois que le patient a pris connaissance de ces messages, il lui est demandé de remplir une fiche de paramètres quotidiens dans laquelle il doit indiquer, pour les paramètres physiologiques dont les valeurs ne sont pas transmises automatiquement par les capteurs, les valeurs des paramètres physiologiques qu'il a pu lui-même mesurer.

Le terminal informatique 4 met alors en œuvre un traitement permettant de contrôler la cohérence de la valeur introduite pour chaque paramètre.

Par exemple, il compare la valeur des paramètres à des valeurs seuils.

Lorsque l'ensemble des rubriques de la fiche sont remplies - et uniquement dans ce cas -, l'ensemble des valeurs de paramètres physiologiques mesurées est transmis au serveur 2.

Les moyens 6 sont quant à eux constitués par un simple terminal
5 informatique, qui reçoit les résultats d'un traitement mis en œuvre par le serveur 2.

Ce traitement est destiné à présenter au médecin les dernières valeurs de paramètres physiologiques mesurées et le cas échéant à détecter et mettre en évidence pour le médecin une éventuelle évolution anormale de ces valeurs de paramètres.

10 On notera que lorsqu'une telle évolution anormale est détectée, celle-ci est immédiatement signalée au patient pour qu'il puisse, de son propre fait, contacter les médecins qui le suivent.

On va maintenant décrire des exemples de traitement possibles dans le cas où le système est utilisé pour la surveillance de dialysés à domicile et notamment
15 pour la surveillance de patients soumis à la dialyse péritonéale continue ambulatoire (DPCA).

Bien entendu, d'autres applications du système proposé par l'invention sont envisageables, l'application au suivi de patients soumis à la dialyse péritonéale continue ambulatoire ne se voulant qu'un exemple parmi d'autres possibles.

20 Le traitement mis en œuvre par le serveur 2 est un traitement à système expert qui est personnalisé en fonction de l'historique du patient.

Notamment, le serveur 2 garde en mémoire les valeurs des paramètres physiologiques du patient et des données calculées à partir de celles-ci sur une durée qui peut être de seize jours.

25

Premier exemple de traitement

Un traitement conforme à un premier exemple possible est un traitement qui d'une part met en œuvre une détermination d'alertes sur des paramètres
30 appelés tendances qui sont fonction de l'historique du patient et d'autre part met en œuvre une détection d'alertes à partir de différentes règles de traitement sur les valeurs de paramètres physiologiques juste transmises par le patient.

Les paramètres de tendances sont par exemple l'hydratation, la température, la tension couchée et la tension debout, les valeurs de volume de drainage des poches.

5 Les valeurs de ces paramètres de tendances sont déterminées en fonction de l'historique récent, par exemple moyennées sur une durée de quelques jours, et comparées à un seuil de déclenchement d'alerte, qui est fonction des valeurs normales du patient.

10 On comprend que du fait que les paramètres de tendances sont calculés en prenant en compte non seulement les dernières valeurs reçues du patient, mais également les valeurs sur la durée correspondant à celle choisie pour l'historique récent, les paramètres de tendances ne vont générer des alertes que dans les cas où les paramètres physiologiques se seront écartés de leur valeur normale non pas uniquement ponctuellement à un instant donné, mais sur une certaine durée (celle de l'historique récent).

15 Ainsi, par exemple, si un patient a une température de 38°, ceci n'a pas de conséquence ponctuellement, mais devient inquiétant si cette température se maintient pendant un certain temps.

Le traitement proposé permet de déclencher un signal d'alerte permettant de mettre en évidence cette dérive "à long terme"

20 Par exemple, une tendance utilisée est une tendance hydratation.

La tendance hydratation est un nombre compris entre -99 et +99 qui reflète, lorsqu'il est positif le degré d'hyperhydratation et lorsqu'il est négatif le degré de déshydratation.

Lorsque l'hydratation est normale, la tendance est proche de zéro.

25 La tendance hydratation est initialisée à 0. Lorsque sa valeur absolue dépasse 100 une alerte « Majeure » est générée. Celle-ci sera indiquée au patient, et apparaîtra en priorité sur l'interface médecin. Ceci ne se produit que lorsque plusieurs symptômes corroborent un même diagnostic, ou qu'un même facteur se répète plusieurs jours de suite.

30 La tendance hydratation est incrémentée de +30 lorsque la règle relation-poids-hydratation est déclenchée, de -30 lorsque la règle relation-poids-déshydratation est déclenchée, -25 lorsque la règle différence-couché-debout est déclenchée.

Chaque jour la tendance hydratation est atténuée d'un facteur 1,5 et augmentée d'une valeur égale à 25 fois le rapport entre l'écart au poids sec divisé par 1,5. Cette valeur est significative lorsque l'écart au poids sec est supérieur à 1,5 KG (1,5 étant la tolérance sur le poids).

5 On notera que les valeurs normales qui sont utilisées sont elles-mêmes fonction de l'historique du patient sur une durée plus importante. Elles sont par exemple déterminées en calculant la valeur moyenne du paramètre considéré sur une durée de seize jours.

10 Par ailleurs, les valeurs de paramètres de tendances sont en outre modifiées, comme cela sera décrit plus loin, en fonction de l'état du patient tel qu'il résulte des valeurs de paramètres physiologiques transmises en dernier lieu par le patient, et notamment lors de détection d'états d'alerte sur ces paramètres.

15 Le traitement de détection des états d'alerte sur les valeurs de paramètres physiologiques transmises en dernier lieu met quant à lui en œuvre les règles suivantes :

- 20 • *RELATION-POIDS-HYPERHYDRATATION* : cette première règle vérifie si le poids du patient dépasse son poids sec. La limite fixée par les médecins est de 1,5 Kg. Si cette limite est franchie, une alerte "*Hyperhydratation*" est déclenchée, et un malus de 30% est ajouté à la tendance *HYDRATATION*
- 25 • *RELATION-POIDS-DESHYDRATATION* : cette règle est la symétrique de la précédente. Elle vérifie quant à elle si le poids passe au dessous du poids sec. (une tolérance également de 1,5 Kg est acceptée.) Dans ce cas, une alerte "*Déshydratation*" est déclenchée, et un malus de 30% est retiré à la tendance *HYDRATATION* .
- 30 • *DIFFERENCE-COUCHE-DEBOUT* : cette règle surveille la différence entre la tension du patient debout, et la tension du patient couché. En temps normal, cette différence est relativement réduite. Lorsque le patient commence à se déshydrater, cette valeur s'affole. Une limite arbitraire de 1,5 a été fixée. Le test est effectué sur la différence entre les tensions moyennes des deux positions

(debout et couché). Si la limite est dépassée, une alerte "*Déshydratation*" est déclenchée, et un malus de 25% est amputé à la tendance *HYDRATATION*.

- 5 • *VARIATION-TENSION-COUCHE* : cette règle surveille les variations de la tension du patient couché. Ce test est effectué sur la moyenne des tensions systoliques et diastoliques, à laquelle on soustrait la valeur moyennée dans le temps pour cette valeur pour le patient. Lorsque l'on dépasse une limite arbitraire de 1,5, une alerte "*Modification rapide la tension couché*" est générée. Cependant, et contrairement aux autres règles de ce groupe, aucun malus n'est infligé aux

10 tendances. En effet, il ne semble pas y avoir de lien direct avec l'état du patient, sauf peut-être que ce genre d'alerte indique qu'il ne va pas bien!
- 15 • *VARIATION-TENSION-DEBOUT* : cette règle est symétrique de la précédente. Elle vérifie quant à elle les variations de la tension du patient debout. Pour le reste, son comportement est strictement identique.
- 20 • *POCHE__1*, *POCHE__2*, *POCHE__3*, et *POCHE__4* : ces quatre règles vérifient le volume drainé par chacune des quatre poches du patient. Selon le type de la poche, le volume drainé doit rester à peu près constant, même si des variations importantes sont possibles. C'est pourquoi aucune alerte n'est attachée à ces règles. Ces dernières se chargent donc simplement de mettre à jour la tendance *POCHES* en fonction des volumes observés. Cette mise en forme se fait à partir de la formule suivante qui a été déterminée empiriquement :

25 (((sortie de la poche - entrée de la poche) - valeur moyenne de ce type de poche)/200)* 15) = Nouvelle valeur de paramètre de poche

Après détermination de ces différents états d'alerte, le système met à jour les valeurs normales utilisées pour la gestion des paramètres de tendances, c'est à dire détermine les nouvelles valeurs normales à prendre en compte lors du prochain traitement, et ce en calculant de nouvelles valeurs moyennes sur

30

l'ensemble de l'historique, ces nouvelles valeurs moyennes intégrant les dernières valeurs de paramètres physiologiques transmises par le patient.

Deuxième exemple de traitement

5

Un deuxième traitement par système expert possible va maintenant être décrit.

Ce traitement a été développé à partir d'un modèle de décision markovien partiellement observable (POMDP).

10

Rappels théoriques.

Classiquement, un modèle s'exprime sous forme d'un n-uplet $\langle S, A, O, B, T, R, \Pi \rangle$ dans lequel :

15

- S représente l'ensemble fini des états de l'environnement que l'on cherche à modéliser. Lorsque ces états ne sont pas directement observables, un modèle des observations doit être défini. Ce modèle comprend un ensemble fini O des observations possibles et une fonction d'observation B qui à un état de S ou plus généralement à un couple (état, action) associe une distribution de probabilité sur les éléments de O . $B(o | s, a)$ représente la probabilité d'observer $o \in O$ depuis l'état s (en ayant pris l'action a).

20

- A est l'ensemble fini des actions qui permettent d'influer sur le processus. Ces actions sont destinées à faire évoluer le système d'un état à un autre. Les actions ont un effet incertain qui est modélisé par la fonction de transition définie ci-dessous.

25

- O est l'ensemble fini des observations qui permet de caractériser le modèle.

- B est la fonction d'observation

- T est la fonction de transition qui définit la probabilité de passer de l'état s

30

à l'état s' en effectuant l'action a de A . : $p(s' | s, a)$

- R est la fonction de récompense qui associe à chaque état, ou à chaque couple (état, action) un nombre qui exprime le degré de satisfaction de mettre le système dans l'état s, ou de choisir l'action a lorsqu'on est dans l'état s.

- Π donne la distribution de probabilité initiale sur l'ensemble des états.

5 Un modèle exprimé sous cette forme peut être exploité par un système automatique pour répondre aux questions suivantes :

- étant donnée une séquence de vecteurs d'observation ($o_1, \dots, o_T$) quelle est la probabilité que le système se trouve dans l'état s à l'instant T (diagnostic).

10 - étant donnés une séquence de vecteurs d'observation ($o_1, \dots, o_T$) et un modèle λ , comment ajuste-t-on les paramètres $\langle B, T, \Pi \rangle$ pour maximiser $p(o_1, \dots, o_T | \lambda)$ (apprentissage).

- étant donné une séquence de vecteurs d'observation qu'elle est l'action optimale à entreprendre pour que le système atteigne un état donné (recommandation d'actions).

15 Un tel modèle est par exemple du type de ceux décrits dans la publication :
- Koenig, R. G. Simmons dans « Unsupervised Learning of Probabilistic Models for Robot Navigation » publiés dans les actes de la conférence IEEE ICRA'96.

20 Application d'un tel modèle au traitement proposé pour le suivi de l'hydratation.

Définition des éléments du modèle

25 Les états de l'ensemble S utilisés sont au nombre de cinq : hydratation normale, déshydratation, hyper-hydratation, poids sec sous-estimé et poids sec surestimé.

30 Les observations de l'ensemble O sont quant à elles constituées, pour chaque paramètre physiologique des symboles qualificatifs $O(i)$ suivants : conforme_i, inférieur-a-la-norme_i, supérieur-a-la-norme_i, où i est un indice qui selon sa valeur désigne l'un ou l'autre des paramètres physiologiques.

Les paramètres physiologiques considérés sont le poids, la tension, la tension orthostatique et le bilan des poches. Lesquels paramètres sont calculables aisément à partir de la fiche qui est télétransmise quotidiennement.

5 Plus précisément, pour déterminer si le poids est conforme, inférieur à la norme, supérieur à la norme, on surveille la variation de la différence entre le poids du patient et le poids sec fixé par le médecin.

Notamment, on compare cette différence à des valeurs seuils inférieures ou supérieures qui sont par exemple de plus ou moins 1,5 kg.

10 Pour déterminer si la tension est conforme, inférieure à la norme ou supérieure à la norme, on surveille les variations de la différence entre la dernière tension transmise et une tension moyenne calculée sur l'historique mémorisé pour le patient.

Notamment, cette différence est comparée à des valeurs seuils qui sont par exemple de plus ou moins 1,2.

15 Egalement, pour déterminer si la tension orthostatique est conforme, inférieure à la norme, supérieure à la norme, on détermine la différence entre les tensions du patient lorsqu'il est couché et lorsqu'il est debout. La normale a été fixée à 0,5, la tolérance à 1,5.

20 Enfin, pour déterminer si le bilan des poches est conforme, inférieur à la norme ou supérieur à la norme, on détermine la différence entre le volume drainé par les poches du patient et un volume drainé moyen déterminé sur l'historique du patient.

25 La valeur normale est nulle, c'est à dire qu'en moyenne, un type de poches donne à peu près toujours les mêmes flux. La tolérance a été fixée à 60%. Cette tolérance est relativement forte, car trop de paramètres échappent à notre contrôle pour que cela soit vraiment fiable.

On notera que dans le cas des surveillances dans lesquelles on fait intervenir une moyenne sur l'historique du patient, cet historique est par exemple de quinze jours.

30 La fonction d'observation B représente quant à elle la probabilité d'observer, pour un paramètre physiologique i donné, l'un des symboles qualitatifs de l'ensemble O , connaissant l'état s du système.

On comprend, si l'on se réfère à la définition des symboles qualitatifs d'observation, que ces symboles ne sont pas directement accessibles à partir des données transmises au serveur.

Le système met donc en œuvre un traitement permettant d'estimer la
 5 probabilité d'observer une valeur $V_{i,t}$ pour un paramètre physiologique i donné et un temps t donné, en supposant connu l'état dans lequel se trouve le système.

Cette probabilité s'exprime de la façon suivante :

$$v_{i,t} : p(v_{i,t} | s) = \sum_{o \in o(i)} f_{s,o}(v_{i,t}) p_i(o | s)$$

où f est une fonction du type de celle illustrée sur la figure 2 qui donne une
 10 pondération comprise entre 0 et 1 et qui est fonction de la valeur du paramètre physiologique i pour un état s donné.

Par exemple, pour l'état conforme à la norme, cette fonction aura une évolution en fonction de la valeur du paramètre physiologique du type de celle illustrée sur la courbe A sur la figure 2.

15 Pour l'observation qualitative inférieure à la norme, la fonction aura la forme représentée par la courbe B sur la figure 2.

Pour l'observation qualitative supérieure à la norme, la fonction aura la forme de la courbe C sur la figure 2.

Ces différentes courbes A, B, C sont en l'occurrence des sigmoïdes.

20 Les courbes A, B et C sont des courbes définies en fonction du rapport (valeur mesurée – valeur de base) / tolérance, où les valeurs de base et les valeurs de tolérance sont, ainsi que cela a été défini précédemment, des valeurs définies par le médecin ou fonction de l'historique.

Les probabilités définissant les fonctions de transition T ont quant à elles
 25 été déterminées empiriquement.

Elle intervient au moment du calcul de la distribution de probabilité sur les cinq états modélisés par le modèle défini pour le suivi de l'hydratation.

Soit b cette distribution de probabilité sur S . $b(s,t)$ est la probabilité que le patient soit dans l'état s à l'instant t . On peut estimer la probabilité que le patient
 30 soit dans l'état s' à l'instant $t+1$, connaissant l'observation $o(t+1)$ et l'action $a(t)$ par la formule :

$$p(s'|b,a,o) = \frac{p(o|s',a,b)p(s'|a,b)}{p(o|a,b)} = \frac{p(o|a,s') \sum_{s \in S} p(s'|a,s)b(s)}{p(o|a,b)}$$

$$\text{avec } p(o|a,b) = \sum_{s' \in S} p(o|a,s') \sum_{s \in S} p(s'|a,s)b(s)$$

$$\text{et } p(o|a,s) = \prod_{i \in I} p(v_i|s)$$

Les actions A et la fonction de récompense R sont optionnelles.

5

Traitement mis en œuvre sur les éléments ainsi définis

Avec le modèle qui vient d'être décrit, le traitement mis en œuvre par le serveur 2 qui reçoit les informations du patient est le suivant.

10 Une fois les valeurs $V_{i,t}$ des différents paramètres physiologiques i acquises pour le temps t , le vecteur d'observation constitué par ces différentes valeurs est traité pour déterminer les probabilités de se trouver dans l'état s et ce pour chacun des états .

15 Par exemple, la probabilité que l'hypotension orthostatique se trouve dans l'état se calcule à partir de l'équation suivante :

$$p(v_{i,t} | normal) = 5\% * s - \left(\frac{v_{i,t} - 0,5}{1,2} \right) + 83\% * cloche \left(\frac{v_{i,t} - 0,5}{1,2} \right) + 12\% * s + \left(\frac{v_{i,t} - 0,5}{1,2} \right)$$

pour i = hypotension orthostatique,

S- la sigmoïde définissant « inférieur-a-la-norme_i » (figure B),

S+ la sigmoïde définissant « supérieur à la norme_i » (figure C),

20 cloche la gaussienne définissant « conforme à la norme_i » (figure A).

Les valeurs de 5%, 83% et 12% correspondent aux probabilités d'observer que cette hypotension orthostatique est inférieure à la norme, conforme à la norme ou supérieure à la norme, ces probabilités étant déterminées en fonction de l'historique du patient.

25 Les valeurs de 0,5 et 1,2 correspondent à celles de la référence normale et de la tolérance pour ce paramètre.

La figure 5 présente les différentes courbes obtenues de cette façon pour les quatre paramètres physiologiques considérés et les cinq états du modèle.

Une fois ces probabilités déterminées, on en déduit la probabilité de se trouver dans un état donné compte tenu de l'ensemble des valeurs mesurées pour les paramètres physiologiques.

L'information ainsi déterminée est ensuite convertie pour être présentée au médecin.

Par exemple, ainsi qu'illustré sur la figure 3, cette présentation peut se faire en fonction de différents niveaux de gris pour les différents états considérés.

Elle peut également être présentée sous une forme numérique, ainsi que l'illustre la figure 4. Sur le graphe de cette figure 4 est représentée une pluralité de courbes qui représente chacune l'évolution en fonction du temps des probabilités de se trouver dans l'état normal pour l'un des paramètres i .

Dans chacun des cas, l'information est présentée de façon temporelle.

On notera que le médecin a la possibilité de modifier les profils de niveaux de gris ou de valeurs de probabilité qui lui sont présentés pour les différents états, s'il estime que le diagnostic ne correspond pas au sien.

Supposons par exemple que la tendance qui apparaît au milieu du graphique (le Poids-Sec est certainement trop bas) soit une fausse alerte, et que le malade reste hyperhydraté tout le temps. Le médecin va simplement 'saisir' la courbe par les 'poignées' (les points encadrés) et les déplacer en vue de les remettre à la place qu'elle devrait occuper. Le résultat de ce processus est un nouveau profil, mais ce dernier n'a plus aucun lien avec les données saisies par le patient.

L'algorithme va donc ensuite essayer d'apprendre le lien entre la consigne qu'il vient de recevoir, et les données dont il dispose afin de proposer une solution viable. Celle-ci doit être aussi proche que possible de la consigne fournie par le médecin, mais elle doit être engendrée par le modèle markovien sous-jacent. De cette façon, on récupère un lien entre les données fournies par le patient et le profil. Cela conduit naturellement à des compromis.

On notera que le traitement d'adaptation consiste en des modifications des valeurs déterminées pour les probabilités $p_i(o/s)$, lesquelles modifications sont

calculées de façon à minimiser l'erreur entre la nouvelle solution proposée par le médecin et la solution fournie par le modèle.

On notera que ce traitement revient à déterminer 40 paramètres pour l'ensemble des états sous la contrainte de minimiser l'erreur précitée.

5 En effet, les fonctions $f_{s,o}$ étant données, seuls les paramètres $t_i(o/s)$ sont à déterminer.

Par conséquent ceci revient à déterminer $12=3 \times 4$ valeurs de probabilités pour chaque état, sous les contraintes $p_i(\text{inférieur-a-la-norme}_i | s) + p_i(\text{conforme}_i | s) + p_i(\text{supérieur-a-la-norme}_i | s) = 1$, soit au total 8 inconnues à déterminer par état.

10

REVENDECATIONS

1. Système de suivi de patients à domicile comportant des moyens
5 d'interface chez le patient, des moyens d'interface chez un médecin, un serveur
relé par un réseau tel qu'un réseau téléphonique aux moyens d'interface chez le
patient et aux moyens d'interface chez le médecin, ledit serveur recevant des
moyens d'interface chez le patient des valeurs de paramètres physiologiques
mesurées par le patient ou par des capteurs et comportant des moyens pour
10 mémoriser un historique, correspondant à une certaine période de temps, sur les
valeurs de paramètres physiologiques qui lui sont transmises, ledit serveur
comportant en outre des moyens pour mettre en œuvre sur les valeurs de
paramètres physiologiques transmises par le patient un traitement en vue de leur
présentation et de la présentation de leur évolution sur les moyens d'interface
15 chez le médecin, caractérisé en ce que lesdits moyens mettent en œuvre sur les
dernières valeurs de paramètres physiologiques qui sont transmises au serveur un
traitement comparant l'état défini par ces différentes valeurs de paramètres
physiologiques à des états d'alerte définis en fonction de l'historique mémorisé
pour le patient et comportent des moyens pour transmettre les résultats de ce
20 traitement aux moyens d'interface chez le médecin.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens
de traitement comparent les valeurs de paramètres physiologiques ou des valeurs
d'autres paramètres déterminées en fonction de celles-ci à des valeurs seuils qui
sont déterminées en fonction de l'historique mémorisé et, lorsqu'une telle valeur
25 seuil est dépassée, transmettent un message d'alerte aux moyens d'interface chez
le médecin et/ou chez le patient.

3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de
traitement déterminent des valeurs de paramètres appelés paramètres de
tendances qui sont fonction des dernières valeurs de paramètres physiologiques
30 transmises par l'interface chez le patient et d'une partie de l'historique mémorisé
qui précède juste dans le temps la transmission de ces dernières valeurs de
paramètres physiologiques, comparent ces valeurs de paramètres de tendances à

des valeurs seuils et, lorsqu'une telle valeur seuil est dépassée, transmettent un message d'alerte aux moyens d'interface chez le médecin et/ou chez le patient..

4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que au moins une partie des dernières valeurs de paramètres physiologiques transmises par l'interface chez le patient sont en outre comparées à d'autres valeurs seuils indépendante de l'historique et en ce que la valeur d'au moins un paramètre de tendance est modifiée lorsque l'une de ces valeurs seuils est dépassée.

5. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de traitement déterminent sur la dernière valeur qui est transmise pour au moins l'un des paramètres physiologiques au serveur, et en fonction de l'historique du patient, une probabilité de se trouver dans un état donné, les probabilités ainsi déterminées pour les différents états possibles pour le patient étant transmises aux moyens d'interface chez le médecin.

6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens de traitement déterminent la probabilité de se trouver dans un état donné pour une valeur de paramètre physiologique donnée en fonction du rapport entre d'une part la différence entre cette valeur de paramètre physiologique et une valeur de référence normale pour ce paramètre et d'autre part une tolérance.

7. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que au moins un paramètre physiologique, la valeur de référence est fonction de l'historique du patient.

8. Système selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que les moyens d'interface chez le médecin permettent à celui-ci de proposer des modifications sur les valeurs de probabilité calculées par les moyens de traitement et en ce que lesdits moyens de traitement comportent des moyens pour modifier le traitement en fonction des valeurs modifiées proposées par le médecin.

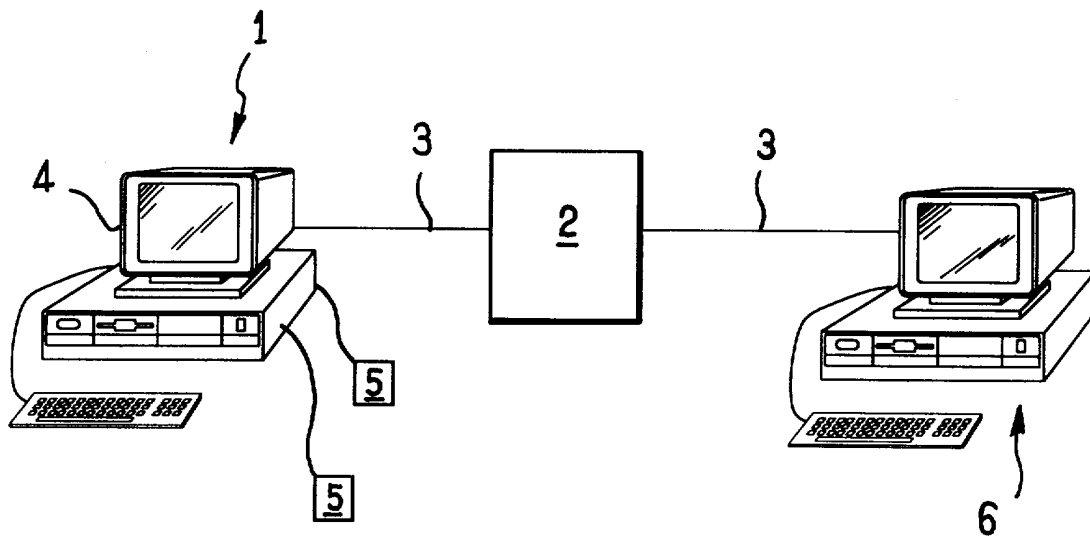
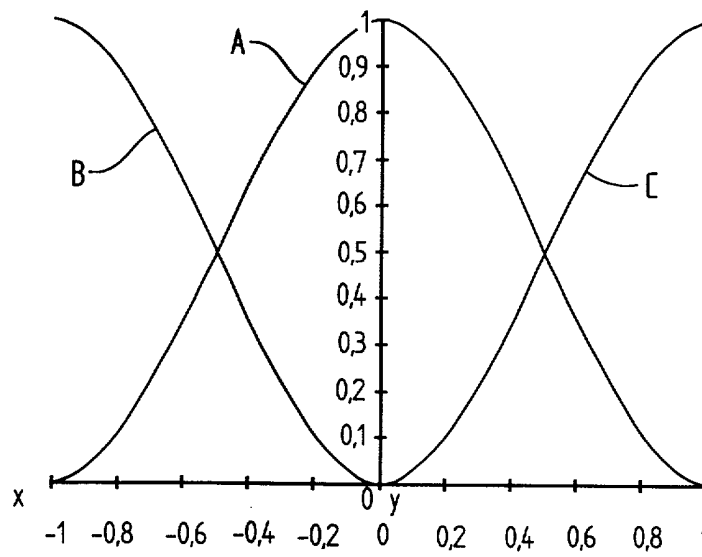
9. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le serveur comporte des moyens pour, lorsqu'un patient cherche à se connecter, identifier ledit patient, interrompre la communication et se connecter aux moyens d'interface dudit patient.

10. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'interface chez le patient ne permettent à celui-ci de transmettre

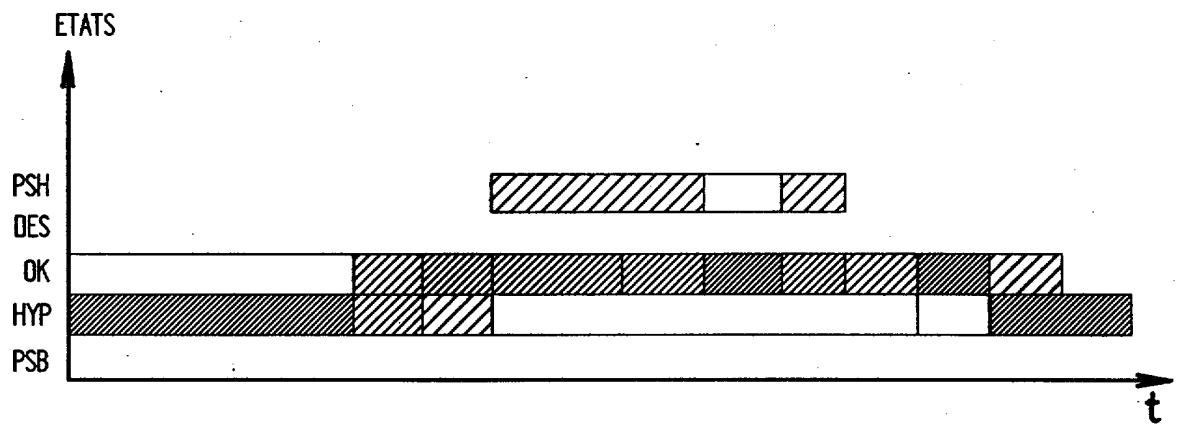
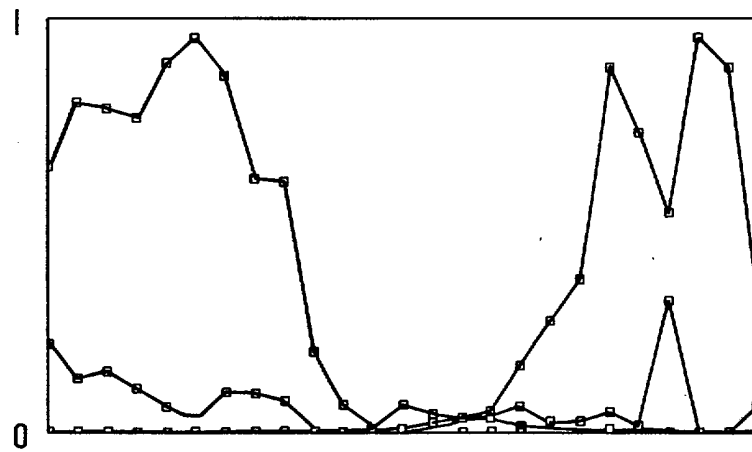
des informations à destination du médecin que lorsque le patient a rempli une fiche de paramètres quotidiens.

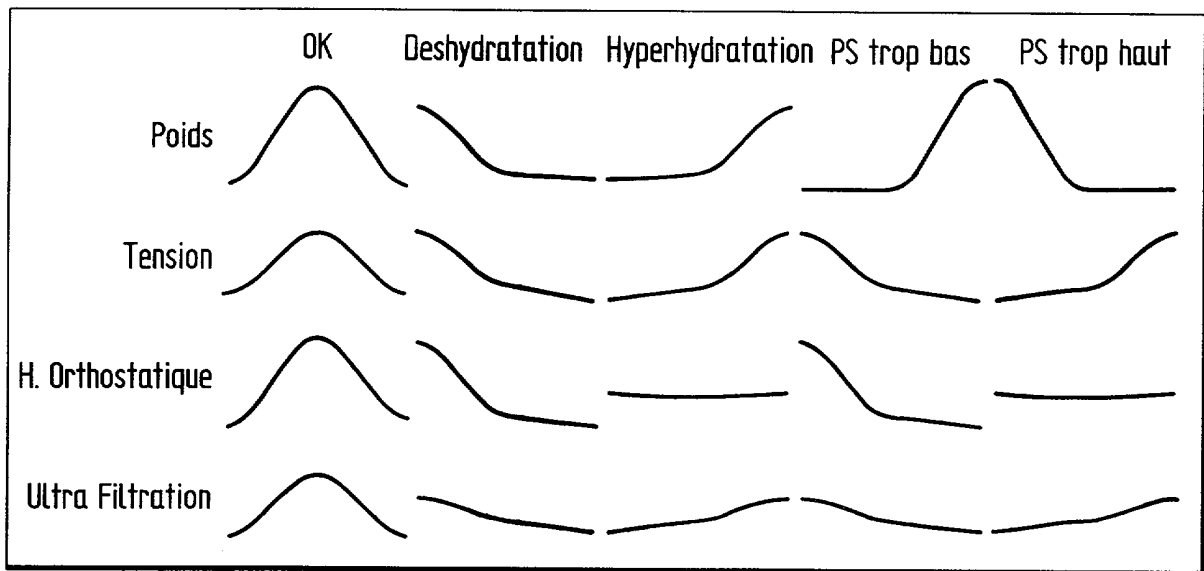
11. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'interface chez le patient comportent des moyens pour contrôler
- 5 la cohérence des valeurs de paramètres physiologiques mesurées et transmises par le patient.

1 / 3

FIG. 1FIG. 2

2 / 3

FIG. 3FIG. 4

FIG.5

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 96 28086 A (CARDIOMEDIX INC) 19 septembre 1996 (1996-09-19) * abrégé; figures 1,2,5,6,9 * * page 8, ligne 9-25 * * page 13, ligne 8-25 *	1-4	H04L12/00 A61B5/00
Y	---	5-8	
D,Y	KOENIG S ET AL: "UNSUPERVISED LEARNING OF PROBABILISTIC MODELS FOR ROBOT NAVIGATION" PROC. OF THE INTERNAT. CONF. ON ROBOTICS AND AUTOMATION,US,NEW YORK, IEEE, 22 avril 1996 (1996-04-22), pages 2301-2308, XP000772551 ISBN: 0-7803-2989-9 * abrégé * * alinéa '0003! *	5-8	
D,X	FR 2 717 332 A (BERTIN & CIE) 15 septembre 1995 (1995-09-15) * abrégé * * page 7, ligne 8-21 * * page 9, ligne 8-14 *	1	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 07, 31 août 1995 (1995-08-31) & JP 07 095963 A (TEIJIN LTD), 11 avril 1995 (1995-04-11) * abrégé * & JP 07 095963 A 11 avril 1995 (1995-04-11) * figure 3 *	1, 3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) A61B G06F
A	US 5 438 983 A (FALCONE RONALD) 8 août 1995 (1995-08-08) * colonne 1, ligne 35-65 * * colonne 2, ligne 6-35 * * figures 1,3,4B *	2-4	
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 octobre 2000		Jonsson, P.O.	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 0 761 160 A (AKASAKA NOBORU ; KUROSAWA MASANORI (JP); AKAI KOJI (JP)) 12 mars 1997 (1997-03-12) * abrégé * * colonne 3, ligne 5-11 * * colonne 3, ligne 30-44 * -----	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 octobre 2000		Jonsson, P.O.	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)