

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 028 744

21 N° d'enregistrement national : 14 61447

51 Int Cl⁸ : A 61 B 5/053 (2016.01)

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 25.11.14.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 27.05.16 Bulletin 16/21.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : IMPETO MEDICAL Société par
actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : BOCQUET NICOLAS et SEVAL
MATHIEU.

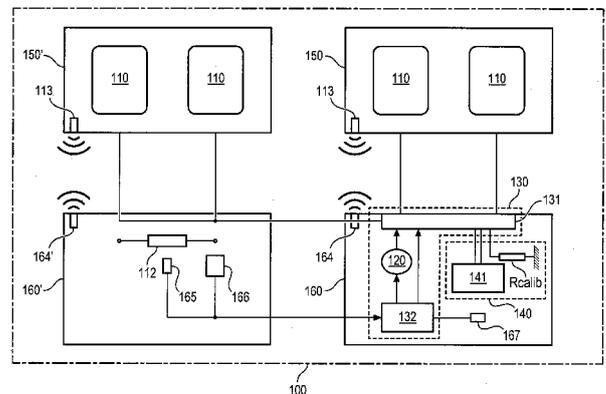
73 Titulaire(s) : IMPETO MEDICAL Société par actions
simplifiée.

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 DISPOSITIF DE RELEVÉ DE DONNÉES ÉLECTROPHYSIologiques DE FIABILITÉ ACCRUE.

57 L'invention propose un dispositif (100) de relevé de
données électrophysiologiques comprenant:

- une série d'électrodes (110),
- un circuit de commande (130) comprenant une source
de tension continue (120), connecté aux électrodes pour ap-
pliquer à une paire d'électrodes des créneaux de tension
continue, et pour connecter une autre électrode en haute
impédance, et
- un circuit de mesure (140) du potentiel des électrodes
et de données représentative du courant traversant au
moins une électrode active, le dispositif comprenant au
moins un socle (160) intégrant le circuit de commande (130)
et le circuit de mesure (140), et comprenant en outre un
logement (161) adapté pour recevoir un ensemble d'électrode
(150) comprenant au moins une électrode (110) de la série
de manière amovible, de sorte à pouvoir connecter ou dé-
connecter les électrodes du circuit de commande (130) et
du circuit de mesure (140).



FR 3 028 744 - A1



DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne de manière générale le domaine de l'analyse électrophysiologique du corps humain, en vue par exemple de détecter des pathologies.

5 L'invention est notamment applicable à l'évaluation de la fonction sudorale du corps humain.

ART ANTERIEUR

La Demanderesse a déjà proposé, par exemple dans le brevet FR 2 912 893, puis dans les brevets FR 2 994 819, FR 2 994 820, ou encore FR 10 2 994 821, un système d'analyse électrophysiologique comprenant une série d'électrodes destinées à être positionnées en différentes régions du corps d'un patient, une source de tension continue, adaptée pour générer des créneaux de tension continue ajustable, et un circuit de commande, agencé pour sélectivement relier une paire d'électrodes dites actives à la source de tension, lesdites électrodes 15 actives constituant une anode et une cathode, et pour connecter au moins une des autres électrodes en haute impédance.

La tension appliquée par la source de tension sur les électrodes permet de générer dans la couche externe de la peau, par une réaction électrochimique au niveau des glandes sudorales, un courant électrophysiologique dont l'étude de 20 certaines caractéristiques peut indiquer certaines pathologies ou prédispositions pathologiques.

Les glandes sudorales, dont une représentation électrique schématique est donnée en figure 1, se comportent comme un dipôle non linéaire, c'est-à-dire que la résistance R_e (et donc la conductance) des glandes sudorales varie en fonction de 25 la différence de potentiel à leurs bornes $V'_e - V_x$, où V_x est le potentiel du corps, qui est donné par la mesure du potentiel des électrodes connectées en haute impédance, V'_e est la tension imposée à la glande par une électrode, V_e est la tension appliquée ou mesurée à l'électrode, et $E_e = V_e - V'_e$ est la force contre électro-motrice ou surtension de l'électrode.

30 La conductance des glandes sudorales, ou conductance électrochimique de la peau, est donc le rapport entre le courant traversant lesdites glandes et la différence de potentiel à laquelle elles sont soumises.

Or cette conductance varie non seulement en fonction de la différence de potentiel appliquée aux glandes sudorales, mais aussi en fonction de l'état de santé de l'individu.

5 Ainsi par exemple, en référence à la figure 2a, on a représenté la courbe du courant traversant les glandes eccrines en fonction de la différence de potentiel imposée aux glandes présente, chez un patient sain. On y observe deux sections distinctes : une première section linéaire, suivie d'un décollement et d'une seconde section non linéaire.

10 Le décollement correspond, en figure 2b, à un seuil en tension au-delà duquel la conductance est croissante avec la différence de potentiel.

En revanche, ce décollement peut disparaître chez certains individus atteints de pathologies, comme par exemple la mucoviscidose. Ceci a été développé dans la demande de brevet US-2013-0053673 de la Demanderesse.

15 Il est ainsi intéressant de mesurer la conductance pour différentes différences de potentiel imposées aux électrodes chez différentes personnes, pour diagnostiquer des maladies chez ces personnes, ou plusieurs fois chez une même personne, pour suivre l'évolution d'une maladie.

20 Cependant, les réactions chimiques stimulées dans la peau d'un individu par l'application de tension à des électrodes entraînent des réactions d'oxydation et de réduction au niveau des électrodes elles-mêmes. Les réactions d'oxydation provoquent l'existence d'une surtension au niveau des électrodes, ayant pour effet de biaiser les mesures de tensions au niveau des électrodes et donc de dégrader la qualité des mesures de conductance électrochimique de la peau.

25 Ce problème a déjà été soulevé dans la demande de brevet FR 1358780 de la Demanderesse.

Dans cette demande de brevet, un protocole de mesure spécifique a été proposé pour stabiliser la surtension apparaissant sur une électrode le temps d'une mesure afin de corriger les données obtenues.

30 Cependant, la surtension d'une électrode peut évoluer avec le temps et il n'est pas suffisant de stabiliser cette surtension seulement pour le temps d'une mesure. En effet, il n'est pas possible de comparer des données acquises chez une ou plusieurs personnes si la surtension des électrodes ayant servi à obtenir les données a évolué.

PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention a pour but de pallier au problème évoqué ci-avant.

En particulier, un but de l'invention est de proposer un dispositif de relevé de données électrophysiologiques permettant de diminuer la variabilité de mesures
5 provoquée par la surtension des électrodes.

Un autre but de l'invention est de proposer un dispositif de relevé de données électrophysiologiques de coût réduit.

A cet égard, l'invention a pour objet un dispositif de relevé de données
10 électrophysiologiques comprenant :

- une série d'électrodes destinées à être mises en contact avec la peau d'un individu,
- un circuit de commande comprenant une source de tension continue, et connecté aux électrodes pour sélectivement appliquer à une paire
15 d'électrodes dites actives de la série des créneaux de tension continue, et pour connecter au moins une autre électrode de la série en haute impédance, et
- un circuit de mesure du potentiel des électrodes de la série et de données représentative du courant traversant au moins une électrode active et,
20 le dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend au moins un socle intégrant le circuit de commande et le circuit de mesure,
et en ce que le socle comprend en outre un logement adapté pour recevoir, de manière amovible, un ensemble d'électrode comprenant au moins une électrode de la série, de sorte à pouvoir sélectivement connecter ou déconnecter les électrodes
25 du circuit de commande et du circuit de mesure.

Avantageusement, mais facultativement, le dispositif selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- l'ensemble d'électrode comprend une étiquette RFID et le socle comprend
30 un lecteur RFID, et dans lequel :
 - o l'étiquette RFID comprend en mémoire un nombre d'utilisations maximal, et un nombre d'utilisations déjà effectuées, et

- le lecteur RFID est adapté pour lire le nombre d'utilisations maximal et pour lire et écrire en mémoire de l'étiquette RFID un nombre d'utilisations déjà effectuées.
- Les électrodes sont en inox et présentent une épaisseur comprise entre 0,5 et 1,5 mm, ladite épaisseur étant déterminée en fonction d'un nombre d'utilisations maximal des électrodes.
- Le socle comprend en outre un capteur infrarouge adapté pour relever la température d'au moins une électrode de l'ensemble d'électrodes.
- Le dispositif comprend un deuxième socle, relié électriquement au premier et comportant un logement adapté pour recevoir de façon amovible un deuxième ensemble d'électrodes, et la série d'électrodes comprend quatre électrodes réparties deux par deux dans les ensembles d'électrodes de sorte qu'un individu puisse positionner ses mains sur les deux électrodes d'un premier ensemble et ses pieds sur les deux électrodes du deuxième ensemble.
- Un ensemble d'électrodes comprend deux électrodes et un circuit électronique, adapté pour sélectivement connecter les électrodes d'un même ensemble :
 - soit par une branche en haute impédance,
 - soit par une résistance de valeur déterminée.

L'invention a également pour objet un système d'analyse électrophysiologique comprenant :

- un dispositif de relevé de données selon la description qui précède, et
 - une unité de traitement, adaptée pour communiquer avec le socle du dispositif comprenant le circuit de commande et le circuit de mesure, et pour déterminer, à partir des données mesurées, au moins une valeur de conductance électrochimique de la peau.
- Avantageusement, mais facultativement, le système d'analyse électrophysiologique présenté comporte en outre au moins l'une des caractéristiques suivantes :
- l'unité de traitement est distante du dispositif de relevé de données et adaptée pour communiquer avec celui-ci par un mode de communication sans-fil de type Bluetooth ou Wi-Fi.

- l'unité de traitement est en outre adaptée pour :
 - o tester le fonctionnement du dispositif de relevé de données, et, si le résultat du test est positif,
 - o commander au socle le déclenchement d'un protocole de mesure.

5

L'invention a aussi pour objet un procédé d'analyse électrophysiologique, mis en œuvre par un système selon la description qui précède, comprenant les étapes consistant à :

- tester le fonctionnement du dispositif de relevé de données, ledit test
 - comprenant au moins l'un parmi le groupe suivant :
 - o test de température des électrodes,
 - o test de conductivité électrique des électrodes,
 - o test de possibilité d'utilisation des électrodes par rapport à un nombre maximal d'utilisations et
- si le résultat du test de fonctionnement est positif, mettre en œuvre un
 - protocole d'analyse électrophysiologique, comprenant :
 - o l'application à une paire d'électrodes actives des créneaux de tension continue et la connexion d'au moins une autre électrode en haute impédance,
 - o le relevé de données représentatives du courant traversant au moins une électrode active et du potentiel d'au moins une électrode, et
 - o à partir desdites données, la détermination d'au moins une valeur de conductance électrochimique de la peau.

Avantageusement, mais facultativement, le procédé d'analyse électrophysiologique selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- le test de température des électrodes comprend la mesure de température d'au moins une électrode et la production d'un résultat positif si la
 - température est comprise entre 18 et 35°C.
- le procédé étant mis en œuvre par un système dans lequel un ensemble d'électrode comprend une puce RFID comportant en mémoire un nombre maximal d'utilisations et un nombre d'utilisations déjà effectuées,

le test de possibilité d'utilisation des électrodes comprend :

- la lecture du nombre maximal d'utilisations et du nombre d'utilisations déjà effectuées, et
 - la production d'un résultat de test positif si le nombre d'utilisation déjà effectuées est strictement inférieur au nombre maximal d'utilisations.
- 5 - le procédé étant mis en œuvre dans un système dans lequel un ensemble d'électrodes comprend deux électrodes et un circuit électronique adapté sélectivement relier les électrodes par une résistance de valeur déterminée,
- le test de conductivité électrique des électrodes comprend :
- l'application, à une électrode d'un ensemble, d'une tension connue,
 - 10 - la mesure du potentiel de l'autre électrode de l'ensemble,
 - la comparaison du potentiel mesuré avec un potentiel théorique obtenu à partir de la valeur de la résistance, et
 - la production d'un résultat de test positif si une différence entre le potentiel mesuré et le potentiel théorique est inférieure à un seuil déterminé.

15

Le dispositif proposé comprend des électrodes amovibles, permettant de renouveler ces électrodes après un certain nombre d'utilisations. De cette manière on peut limiter la variabilité de la surtension des électrodes en limitant le nombre d'utilisations des électrodes à un niveau acceptable.

20

De plus, toute l'électronique de commande du dispositif étant intégrée au socle des électrodes, il en résulte que les ensembles d'électrodes amovibles sont moins coûteux et peuvent être aisément remplacés. Le socle peut lui être conservé sans problématique d'usure.

25 DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, au regard des figures annexées, données à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquelles :

30

- La figure 1, déjà décrite, représente le schéma électrique du positionnement d'une électrode sur la peau,
- Les figures 2a et 2b, déjà décrites, représentent respectivement l'évolution du courant et de la conductance mesurés sur un individu sain en fonction de la différence de potentiel imposée à la peau,

- Les figures 3a et 3b représentent schématiquement un dispositif de relevé de données électrophysiologiques et un système d'analyse selon un mode de réalisation de l'invention.
- La figure 4 représente une vue partielle d'un dispositif de relevé de données électrophysiologiques,
- La figure 5 représente les principales étapes d'un procédé de d'analyse électrophysiologique selon un mode de réalisation.

DESCRIPTION DETAILLÉE D'AU MOINS UN MODE DE RÉALISATION DE L'INVENTION

Dispositif de relevé de données électrophysiologiques

En référence à la figure 3a, on a représenté schématiquement un dispositif de relevé de données électrophysiologiques.

Ce dispositif 100 comprend une pluralité d'électrodes 110, de préférence quatre électrodes. Les électrodes 110 comprennent avantageusement deux électrodes destinées à être mises en contact avec les deux mains d'un individu, et deux électrodes destinées à être mises en contact avec les deux pieds d'un individu.

A cet égard, chaque électrode présente une surface suffisante pour couvrir toute la paume de la main ou toute la plante du pied d'un individu, par exemple une surface supérieure à 100 cm², voire supérieure à 150cm².

Pour établir un contact entre la peau d'un individu et les électrodes, l'individu se tient debout sur les électrodes destinées à être mises en contact avec les pieds et pose ses mains sur les deux autres électrodes.

Les électrodes 110 sont avantageusement en inox car ce matériau est hypoallergénique et qu'en outre il permet une bonne répétabilité des mesures.

Le dispositif 100 comprend également un circuit électrique de commande 130, comprenant une source de tension continue 120, adaptée pour générer des créneaux de tension continue et avantageusement constante. La tension délivrée par la source est de préférence comprise entre 0 et 10 V, avantageusement entre 0 et 4 V.

Le circuit électrique 130 comprenant la source 120 est connecté aux électrodes 110 de manière à pouvoir connecter sélectivement une paire

d'électrodes, formant une anode et une cathode, à la source de tension continue pour que celle-ci leur applique des créneaux de tensions. Ces électrodes sont dites « actives ».

Les autres électrodes sont alors connectées en haute impédance, et
5 permettent de mesurer le potentiel atteint par le corps. Elles sont appelées électrodes « passives ».

Afin de pouvoir connecter, parmi la série d'électrodes, une paire choisie en électrodes actives, et les autres en haute impédance, le circuit 130 comprend
10 avantageusement un commutateur 131 établissant les connections désirées entre les électrodes et la source de tension.

Le circuit électrique 130 comprend en outre avantageusement un contrôleur 132 de la source de tension 120. Le contrôleur pilote la source 120 pour que celle-ci délivre, à l'électrode connectée en tant qu'anode, des créneaux de tension continue de durée déterminée, à un niveau de potentiel déterminé, et à intervalle déterminé
15 pour la mise en œuvre d'un procédé de mesure décrit ci-après.

Le dispositif 100 comprend également un circuit de mesure 140, agencé pour relever les potentiels des électrodes passives, et pour mesurer le courant entre les électrodes actives. A cet égard, le circuit de mesure 140 comprend
20 avantageusement une résistance de mesure R_{calib} connectée en série entre la cathode et une tension de référence, par exemple la masse, et un dispositif de mesure 141, par exemple un voltmètre, adapté pour relever les potentiels des électrodes passives et la tension aux bornes de la résistance de mesure, soit
25 avantageusement le seul potentiel de l'électrode connectée en tant que cathode si la résistance est reliée à la masse. Le courant traversant la cathode est déterminé par ce dispositif 141 en mesurant la tension aux bornes de la résistance de mesure, et en divisant cette tension par la valeur de la résistance.

Avantageusement, mais facultativement, le circuit de mesure 140 peut en outre comprendre une autre résistance de mesure (non représentée) disposée en série entre la source de tension continue et l'anode, afin de détecter le cas échéant
30 une fuite du courant imposé par la source de tension ou la présence d'un courant additionnel imposé au corps par un autre dispositif, comme proposé dans le brevet FR 1258036 de la Demanderesse.

Comme visible schématiquement sur la figure 3a et sur la figure 4, les électrodes 110 du dispositif 100 sont amovibles. De cette manière, lorsque des

électrodes sont usées, elles peuvent être remplacées par de nouvelles. Les électrodes usées peuvent être jetées ou recyclées.

Le dispositif 100 comprend au moins un ensemble d'électrodes 150 qui comprend au moins une, et de préférence deux électrodes 110 montées sur un support 111 électriquement isolant pour éviter de court-circuiter les électrodes.

Avantageusement, comme indiqué ci-avant, le dispositif 100 comprend deux électrodes 110 pour les mains, et deux pour les pieds. Dans ce cas, il comprend alors deux ensembles d'électrodes 150, 150', un premier ensemble comprenant les deux électrodes destinées à être au contact des pieds, et le second comprenant les deux électrodes destinées à être au contact des mains.

Dans chaque ensemble d'électrodes, les électrodes sont positionnées de manière à permettre un contact confortable pour un utilisateur. Ainsi les électrodes destinées à être au contact des pieds sont de préférence espacées de 0 à 30 cm bord à bord, et de préférence de 10 à 20 cm, correspondant à un écart moyen confortable des pieds. De même les électrodes destinées à être au contact des mains sont de préférence espacées de 0 à 30 cm, et de préférence de 10 à 20 cm.

Le support des électrodes peut avantageusement être réalisé en plastique.

Les électrodes peuvent y être fixées, de façon amovible ou non, par exemple par encliquetage, ou encastrées, ou encore collées.

De préférence, chaque ensemble d'électrode présente la forme d'un parallélépipède rectangle d'une épaisseur inférieure à 5 cm, et de préférence inférieure à 1 cm.

Avantageusement, le socle 160 comprend un circuit électronique 112 (représenté uniquement sur le deuxième socle 160 pour plus de clarté), par exemple un multiplexeur, adapté pour sélectivement relier les électrodes 110 d'un même ensemble :

- Soit par une branche en haute impédance, pour empêcher toute circulation de courant entre les électrodes, lorsque l'on souhaite mettre en œuvre des mesures de conductance électrochimique de la peau,
- Soit par une résistance de valeur déterminée, permettant de réaliser un test de conductivité des électrodes, décrit ci-après en référence à la figure 5.

D'autre part, le dispositif 100 comprend au moins un socle 160, adapté pour recevoir de façon amovible un ensemble d'électrodes 150. A cet égard, le socle

comprend avantageusement un logement 161 dont la forme correspond à celle de l'ensemble d'électrodes, ce logement 161 débouchant sur l'extérieur du socle 160 par une fente 162 par laquelle l'ensemble d'électrodes peut être inséré et retiré.

En outre le socle comprend en outre au moins une ouverture traversante 163
5 disposée au regard de chaque électrode 110, pour autoriser un contact avec l'électrode en travers de la paroi du socle. Ainsi les ouvertures présentent avantageusement une surface supérieure à 100 voire 150 cm² pour ne pas gêner le positionnement d'un pied ou d'une main d'un individu sur une électrode.

De plus, le socle 160 regroupe avantageusement la plus grande partie de
10 l'électronique du dispositif 100, afin de limiter le coût de l'ensemble d'électrodes 150.

Par conséquent, le circuit de commande 130 et le circuit de mesure 150 sont tous disposés dans le ou les socle(s) 160.

Comme visible sur la figure 3a, dans le cas préféré dans lequel le dispositif
15 100 comprend deux ensembles d'électrodes 150, 150', il comprend aussi deux socles 160, 160'.

Dans ce cas, le deuxième socle 160' est avantageusement relié au premier par une connexion filaire.

Il peut ainsi constituer un intermédiaire dans la connexion entre le
20 commutateur 131 et les électrodes 110 de l'ensemble d'électrodes 150' correspondant. Dans ce cas également, chaque socle 160 160' comprend un circuit électronique 112 adapté pour relier les électrodes 110 correspondantes en haute impédance ou par une résistance pour réaliser le test de conductivité des électrodes.

De plus, chaque socle 160 comporte avantageusement une connexion
25 électrique avec les électrodes 110 pour autoriser l'application de la tension délivrée par la source 120 sur les électrodes. Pour ce faire, chaque socle 160 comprend autant de contacts électriques (non représentés) que d'électrodes dans un ensemble d'électrodes, chaque contact électrique venant au contact d'une électrode
30 lorsque l'ensemble d'électrodes est inséré en position dans le logement 161 du socle correspondant.

Ainsi lorsque l'ensemble d'électrodes est retiré du logement 161, le contact est coupé et les électrodes sont déconnectées du circuit de commande, en particulier de la source de tension, et du circuit de mesure.

La structure du dispositif de relevé de données 100 permet donc d'utiliser à moindre coûts des électrodes renouvelables, puisque seule la partie au contact de la peau de l'individu doit être changée en fonction de son usure.

Toute l'électronique de commande et de mesure étant logée dans le ou les socles 160, elle n'est pas changée au moment du renouvellement des électrodes.

Afin de limiter encore le coût d'un ensemble d'électrodes, les électrodes présentent avantageusement une épaisseur adaptée à un nombre d'utilisations maximal.

Par exemple, si on souhaite renouveler les électrodes après une centaine de mesures, les électrodes peuvent présenter une épaisseur d'environ 0,8 mm.

Si on souhaite renouveler les électrodes après un millier de mesures environ, l'épaisseur des électrodes peut être d'environ 1,5 mm.

De plus, cette solution permet d'ajouter des fonctionnalités au dispositif 100.

Il est préférable de contrôler le nombre d'utilisations des électrodes pour veiller à renouveler les électrodes avant que la surtension des électrodes n'évolue de manière trop importante. Par exemple, on peut décider de remplacer les électrodes après 1000, de préférence après 500, ou de manière plus préférée après 100 utilisations.

Pour veiller à remplacer les électrodes, chaque ensemble d'électrodes comprend de préférence une étiquette RFID 113. Avantageusement, cette étiquette peut être noyée dans la partie support, pour empêcher son retrait et son remplacement.

L'étiquette RFID 152 comporte de manière connue en soi une mémoire et une antenne adaptée pour communiquer les informations contenues dans la mémoire.

L'étiquette RFID peut être de type passif, auquel cas l'énergie de l'antenne est communiquée par un lecteur, ou de type actif, auquel cas l'étiquette comprend également une source d'énergie alimentant l'antenne. Avantageusement, elle est de type passif pour limiter le prix et le nombre de composants électroniques contenus dans l'ensemble d'électrode 150.

Avantageusement, la mémoire de l'étiquette RFID comporte les deux champs suivants :

- Nombre maximal d'utilisations de l'ensemble d'électrodes, et

- Nombre d'utilisations effectuées de l'ensemble d'électrodes.

Le socle 160, 160' correspondant à l'ensemble d'électrodes est avantageusement pourvu d'un lecteur d'étiquette RFID 164, 164'. Ce lecteur est adapté pour lire le premier champ et pour lire et écrire le second champ.

5 Pour vérifier que l'ensemble d'électrodes est encore utilisable, avant chaque procédé de mesure, le lecteur 164, 164' lit les deux champs et compare le nombre d'utilisations passées avec le nombre maximal d'utilisations de l'ensemble d'électrodes.

10 Si le nombre d'utilisations passées est strictement inférieur au nombre maximal d'utilisations, le lecteur 164, 164' envoie au circuit de commande 130 un signal favorable puis incrémente de 1 le nombre d'utilisations effectuées.

Si le nombre d'utilisations effectuées est supérieur ou égal au nombre maximal d'utilisations, le lecteur 164, 164' envoie au circuit de commande 130 un signal défavorable interdisant la mise en œuvre d'un procédé de mesure.

15 Ce signal peut indiquer à un utilisateur la nécessité de renouveler l'ensemble d'électrodes.

Le socle recevant l'ensemble d'électrodes dédié à être mis en contact avec les pieds d'un individu comprend avantageusement un capteur de poids 165.

20 Le capteur de poids 165 permet, avant la mesure, de relever le poids de l'individu pour enregistrer cette information avec les données sur la conductance électrochimique de la peau de l'individu.

25 De plus, chaque socle comprend avantageusement un capteur thermique 166, de préférence un capteur infrarouge adapté pour mesurer, de préférence avant la mesure de conductance électrochimique de la peau, la température d'au moins une électrode 110 (capteur représenté uniquement sur le socle 160' pour clarifier les figures).

30 En fonction de la température des électrodes, le capteur thermique 166 peut empêcher le démarrage d'un protocole de mesures. En effet, il a été constaté qu'au contact d'électrodes froides, un phénomène de vasoconstriction limite les phénomènes électrochimiques au niveau des canaux ioniques des glandes sudorales, et dégrade les mesures de conductance de la peau.

Il est donc préférable que les électrodes présentent une température supérieure ou égale à 18°C pour déclencher la mesure.

En outre, pour garantir le bon fonctionnement de l'électronique de commande, il est préférable que les électrodes ne soient pas trop chaudes.

La température des électrodes 110 doit donc se situer dans un intervalle compris entre 18°C et 35°C pour réaliser une mesure dans de bonnes conditions.

5 Le capteur thermique 166 communique avantageusement avec le circuit de commande 130, qui bloque la mesure de conductance si la température des électrodes se trouve en dehors de cette gamme.

10 Enfin, au moins un socle 160 comprend une source d'énergie 167, avantageusement une batterie, pour être autonome en énergie et pouvoir être déployé facilement en différents lieux. Cette source d'énergie est avantageusement adaptée pour fournir l'énergie nécessaire à un nombre d'utilisations élevé, supérieur à plusieurs utilisations complètes d'ensembles d'électrodes, par exemple plusieurs milliers d'utilisations du dispositif.

15 Système d'analyse électrophysiologique

Le dispositif 100 décrit ci-avant est avantageusement intégré à un système d'analyse électrophysiologique 200 pour la mise en œuvre d'un procédé de mesure d'une conductance électrochimique de la peau d'un individu.

20 Le système d'analyse est représenté en figure 3b, certains détails du dispositif 100 y étant omis pour plus de clarté.

Outre le dispositif 100, le système d'analyse 200 comprend une unité de traitement 210. Cette unité de traitement est avantageusement une entité distincte du ou des socles. Par exemple, il peut s'agir d'une tablette portable ou d'un ordinateur, auquel est connecté le dispositif 100.

25 A cet égard, la connexion peut être filaire ou sans-fil. Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la connexion entre l'unité de traitement 210 et le dispositif 100 est mise en œuvre par Bluetooth ou Wi-Fi.

30 Plus spécifiquement, l'unité de traitement 210 comporte des moyens de traitement, par exemple un processeur, adapté pour communiquer avec le circuit de commande 130 afin d'exécuter certaines fonctions.

Avantageusement, l'unité de traitement pilote le circuit de commande 130 pour déclencher l'exécution d'un protocole de mesure, et récupérer ensuite les valeurs de potentiels mesurées par le circuit de mesure 140.

A partir des valeurs de tensions des électrodes connectées en haute impédance et de la valeur de la différence de potentiel aux bornes de la résistance de mesure pour chaque valeur de potentiel appliquée à l'anode, l'unité de traitement calcule le courant entre les électrodes actives puis la conductance électrochimique de la peau pour chaque valeur de potentiel, cette conductance étant fournie par le ratio entre le courant entre les électrodes actives et le potentiel atteint par le corps, correspondant au potentiel des électrodes en haute impédance.

L'unité de traitement peut également produire une ou plusieurs courbes représentant la conductance électrochimique de la peau en fonction du potentiel appliqué à l'anode, et ceux pour plusieurs séquences de mesures avec différentes électrodes connectées en tant qu'anode. L'unité de traitement 210 peut en outre charger des informations plus anciennes concernant le même individu, ou des données statistiques analogues sur une population de personnes saines pour comparaison.

En outre, l'unité de traitement peut commander au circuit de commande 130 la mise en œuvre de tests préliminaires pour vérifier le bon fonctionnement du dispositif. Par exemple, un test de température ou un test de conductivité des électrodes.

L'unité de traitement récupère avantageusement les informations suivantes :

- Valeur de poids mesurée par le capteur 163, cette valeur pouvant être enregistrée dans une base de données (non représentées) avec d'autres informations concernant l'individu.
- Valeur de température, par exemple dans un cas où la mesure a été bloquée et que l'on souhaite connaître la raison de ce blocage
- Valeur d'une tension d'électrode mesurée dans le cadre d'un test de conductivité, dans le cas où la mesure a été bloquée suite à la mise en œuvre du test.
- Nombre d'utilisations déjà effectuées des ensembles d'électrodes.

En fonction des informations reçues, l'unité de traitement 210 peut compléter une base de données d'informations mesurées concernant l'individu.

Enfin, le système comprend avantageusement un afficheur 220 connecté à l'unité de traitement. L'afficheur permet d'afficher :

- Des données mesurées : conductance électrochimique de la peau d'un individu, poids de l'individu, données précédemment enregistrées pour l'individu ou d'autres personnes,
- Des informations sur le système :
 - 5 ○ Interdiction, le cas échéant, de mise en œuvre d'un protocole de mesure, et raison de l'interdiction,
 - Indication de la température des électrodes
 - Indication d'un nombre d'utilisations des ensembles d'électrodes,
 - Indication d'une valeur de tension d'électrode mesurée dans le
 - 10 cadre d'un test de conductivité, etc.

Procédé d'analyse électrophysiologique

En référence à la figure 5, on a représenté schématiquement les principales étapes d'un procédé d'analyse électrophysiologique mis en œuvre par un système

15 200.

Ce procédé comprend avantagement des étapes préliminaires de vérification du système, avant qu'un individu ne mette ses mains ou ses pieds en contact des électrodes. Ces étapes préliminaires sont avantagement commandées par l'unité de traitement 210 au circuit de commande 130, qui relaie

20 auprès des capteurs concernés.

Une première étape préliminaire 310 comprend une vérification que le nombre d'utilisations maximal des ensembles d'électrodes est respecté. Cette étape est avantagement mise en œuvre avant toute mesure de conductance de la

25 peau.

Elle est mise en œuvre par l'algorithme suivant :

- Pour chaque ensemble comprenant un socle 160 et un ensemble d'électrodes 150, le lecteur 164 du socle lit le nombre maximal possible d'utilisations de l'ensemble et le nombre courant d'utilisations de
- 30 l'ensemble.
- Si le nombre courant est strictement inférieur au nombre maximal, le lecteur 164 communique un signal positif au circuit de commande 130, ce signal autorisant la mise en œuvre d'un protocole de mesures,

- Si le nombre courant est supérieur ou égal au nombre maximal, le lecteur 164 communique un signal négatif au circuit de commande 130, interdisant la mise en œuvre du protocole de mesures. Dans ce cas, le circuit de commande 130 communique à l'unité de traitement 210 un message indiquant la cause de l'interdiction, ceci pouvant être affiché sur l'afficheur 220.

Une deuxième étape préliminaire 320 comprend une vérification de la température des électrodes. Cette étape est avantageusement mise en œuvre avant toute mesure de conductance de la peau. Elle est mise en œuvre comme suit :

- Pour chaque ensemble comprenant un socle et un ensemble d'électrodes, le capteur de température mesure la température des électrodes 110,
- Si la température est comprise dans la gamme acceptable, par exemple entre 18°C et 35°C, le capteur de température communique un signal positif au circuit de commande 130, ce signal autorisant la mise en œuvre d'un protocole de mesures. Le capteur 166 peut également communiquer la valeur de température au circuit de commande 130, qui peut la transmettre à l'unité de traitement 210, éventuellement pour affichage.
- Si la température est hors de la gamme acceptable, le capteur de température 166 communique un signal négatif au circuit de commande 130, interdisant la mise en œuvre du protocole de mesures. Il communique également la température, cette température étant avantageusement transmise par le circuit de commande 130 à l'unité de traitement 210, et affichée sur l'afficheur 220.

Une troisième étape préliminaire 330 comprend une vérification de la conductivité des électrodes. Cette étape peut être mise en œuvre occasionnellement, pour vérifier le bon fonctionnement des ensembles d'électrodes, par exemple toutes les dix mesures.

Cette étape est mise en œuvre comme suit :

- Le circuit de commande 130 connecte les deux électrodes 110 d'un même ensemble 150 de sorte que l'une soit connectée en anode et l'autre en cathode, et commande le circuit électronique 112 pour relier ces deux électrodes par la résistance de valeur connue.
- 5 - Le contrôleur du circuit de commande 130 pilote la source de tension 120 pour appliquer à l'anode une tension de valeur connue.
- La résistance entre les électrodes étant connue, et la résistance de mesure du circuit de mesure 140 étant aussi connue, on réalise de cette manière un pont diviseur de tension. On peut donc déterminer, en
- 10 fonction des valeurs des résistances, la valeur attendue de la tension à la cathode.
- Le circuit de mesure 140 relève la tension à la cathode, et compare cette valeur à la valeur attendue.
- S'il existe une différence entre les deux valeurs dépassant un seuil
- 15 déterminé (par exemple en pourcentage), le circuit de mesure 140 communique un signal négatif au circuit de commande 130, interdisant la mise en œuvre du protocole de mesures. Avantageusement, il communique aussi la valeur de la tension à la cathode, cette valeur pouvant être transmise à l'unité de traitement 210 et à l'afficheur 220.
- 20 - S'il n'y a pas de différence ou que la différence est inférieure au seuil, le circuit de mesure 140 communique un signal positif au circuit de commande 130, autorisant la mise en œuvre du protocole de mesures.

25 Une fois ces étapes préliminaires mises en œuvre, un individu peut monter sur le premier socle 160, en positionnant ses pieds sur les électrodes 110. Une étape 340 de mesure du poids de l'individu peut alors être mise en œuvre par le capteur de poids 165. La valeur mesurée est avantageusement communiquée au circuit de commande 130, puis à l'unité de traitement et à l'afficheur 220.

30 Ensuite, l'individu peut positionner ses mains sur les électrodes 110 insérées dans le deuxième socle 160', pour réaliser l'étape de mesure de la conductance électrochimique de la peau 350.

L'unité de traitement 210 commande alors le circuit de commande 130 pour :

- Connecter une électrode à la source de tension (alors anode), une électrode à la masse via la résistance de mesure (cathode), et les autres électrodes en haute impédance,
- Piloter la source de tension pour délivrer à l'anode une série de créneaux de tension continue, positive. Avantageusement, la série comprend au moins 10 créneaux, et de préférence au moins 15 créneaux. Les créneaux présentent avantageusement une tension strictement croissante, ou strictement décroissante, sur la série. Par exemple la tension peut évoluer entre 0,5 et 1,5 V, par exemple de l'ordre de 1 V pour le créneau de tension la plus basse, jusqu'à 3,5 à 4,5 V, par exemple 4 V, pour le créneau de tension la plus haute. Les créneaux peuvent présenter une durée comprise entre 1 et 2 secondes, de préférence égale à 1 s. Le premier créneau peut cependant être plus long, afin de stabiliser, le temps de la mesure, la surtension à l'anode. Ce créneau peut durer de 5 à 10 secondes, par exemple environ 8 secondes.
- Piloter le circuit de mesure 140 pour relever, à chaque créneau :
 - o La tension à la cathode, permettant, avec la valeur de la résistance de mesure, de déduire l'intensité du courant entre les électrodes actives
 - o Le potentiel des électrodes connectées en haute impédance, correspondant au potentiel du corps.

Une fois la série de mesures réalisées, l'unité de traitement 210 récupère les valeurs de tensions et détermine, pour chaque tension appliquée à l'anode, la valeur de la conductance électrochimique de la peau comme le ratio entre l'intensité du courant entre les électrodes actives et le potentiel du corps.

Cette étape est avantageusement suivie d'une étape d'affichage 360 des résultats sur l'afficheur.

Optionnellement, une étape 370 de traitement des données peut également être mise en œuvre pour calculer des ratio ou différences entre plusieurs valeurs de conductance électrochimique de la peau, pour établir des comparaisons par rapport à d'autres mesures, etc.

Enfin, à l'issue de la mesure, les lecteurs 164 des socles incrémentent 380 de 1 le nombre d'utilisations des ensembles d'électrodes.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif (100) de relevé de données électrophysiologiques comprenant :
- 5 - une série d'électrodes (110) destinées à être mises en contact avec la peau d'un individu,
 - un circuit de commande (130) comprenant une source de tension continue (120), et connecté aux électrodes pour sélectivement appliquer à une paire d'électrodes dites actives de la série des créneaux de tension continue, et pour connecter au moins une autre électrode de la série en haute
10 impédance, et
 - un circuit de mesure (140) du potentiel des électrodes de la série et de données représentative du courant traversant au moins une électrode active, le dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend au moins un socle (160) intégrant le circuit de commande (130) et le circuit de mesure (140),
15 et en ce que le socle (160) comprend en outre un logement (161) adapté pour recevoir, de manière amovible, un ensemble d'électrode (150) comprenant au moins une électrode (110) de la série, de sorte à pouvoir sélectivement connecter ou déconnecter les électrodes du circuit de commande (130) et du circuit de mesure (140).
20
2. Dispositif (100) de relevé de données électrophysiologiques selon la revendication 1, dans lequel l'ensemble d'électrode comprend une étiquette RFID (113) et le socle comprend un lecteur RFID (164), et dans lequel :
- 25 - l'étiquette RFID (113) comprend en mémoire un nombre d'utilisations maximal, et un nombre d'utilisations déjà effectuées, et
 - le lecteur RFID (164) est adapté pour lire le nombre d'utilisations maximal et pour lire et écrire en mémoire de l'étiquette RFID un nombre d'utilisations déjà effectuées.
- 30 3. Dispositif (100) de relevé de données électrophysiologiques selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel les électrodes (110) sont en inox et présentent une épaisseur comprise entre 0,5 et 1,5 mm, ladite épaisseur étant déterminée en fonction d'un nombre d'utilisations maximal des électrodes.

4. Dispositif (100) de relevé de données électrophysiologiques selon l'une des revendications précédentes dans lequel le socle (160) comprend en outre un capteur infrarouge (166) adapté pour relever la température d'au moins une électrode de l'ensemble d'électrodes.
- 5
5. Dispositif (100) de relevé de données électrophysiologiques selon l'une des revendications précédentes, comprenant un deuxième socle (160'), relié électriquement au premier et comportant un logement adapté (161) pour recevoir de façon amovible un deuxième ensemble d'électrodes (150'),
- 10 et la série d'électrodes comprend quatre électrodes réparties deux par deux dans les ensembles d'électrodes de sorte qu'un individu puisse positionner ses mains sur les deux électrodes d'un premier ensemble et ses pieds sur les deux électrodes du deuxième ensemble.
- 15 6. Dispositif (100) de relevé de données électrophysiologiques selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un ensemble d'électrodes (150) comprend deux électrodes (110) et un circuit électronique (112), adapté pour sélectivement connecter les électrodes (110) d'un même ensemble :
- soit par une branche en haute impédance,
 - 20 - Soit par une résistance de valeur déterminée.
7. Système d'analyse (200) électrophysiologique comprenant :
- un dispositif (100) de relevé de données selon l'une des revendications précédentes, et
 - 25 - une unité de traitement (210), adaptée pour communiquer avec le socle (160) du dispositif (100) comprenant le circuit de commande (130) et le circuit de mesure (140), et pour déterminer, à partir des données mesurées, au moins une valeur de conductance électrochimique de la peau.
- 30 8. Système (200) d'analyse électrophysiologique selon la revendication 7, dans lequel l'unité de traitement (210) est distante du dispositif (100) de relevé de données et adaptée pour communiquer avec celui-ci par un mode de communication sans-fil de type Bluetooth ou Wi-Fi.

9. Système (200) d'analyse électrophysiologique, dans lequel l'unité de traitement (210) est en outre configurée pour :

- tester le fonctionnement du dispositif de relevé de données, et, si le résultat du test est positif,
- 5 - commander au socle le déclenchement d'un protocole de mesure.

10. Procédé d'analyse électrophysiologique, mis en œuvre par un système selon l'une des revendications 7 à 9, comprenant les étapes consistant à :

- tester le fonctionnement du dispositif de relevé de données, ledit test
10 comprenant au moins l'un parmi le groupe suivant :
 - o test (320) de température des électrodes (110),
 - o test de conductivité électrique (330) des électrodes (110),
 - o test de possibilité d'utilisation (310) des électrodes par rapport à un nombre maximal d'utilisations et
- 15 - si le résultat du test de fonctionnement est positif, mettre en œuvre un protocole d'analyse électrophysiologique (350), comprenant :
 - o l'application à une paire d'électrodes actives des créneaux de tension continue et la connexion d'au moins une autre électrode en haute impédance,
 - 20 o le relevé de données représentatives du courant traversant au moins une électrode active et du potentiel d'au moins une électrode, et
 - o à partir desdites données, la détermination d'au moins une valeur de conductance électrochimique de la peau.

25 11. Procédé d'analyse électrophysiologique selon la revendication 10, dans lequel le test de température des électrodes comprend la mesure de température d'au moins une électrode (110) et la production d'un résultat positif si la température est comprise entre 18 et 35°C.

30 12. Procédé d'analyse électrophysiologique selon l'une des revendications 10 ou 11, mis en œuvre par un système (100) dans lequel un ensemble d'électrode (150) comprend une puce RFID (113) comportant en mémoire un nombre maximal d'utilisations et un nombre d'utilisations déjà effectuées, le test de possibilité d'utilisation (310) des électrodes comprend :

- la lecture du nombre maximal d'utilisations et du nombre d'utilisations déjà effectuées, et
- la production d'un résultat de test positif si le nombre d'utilisation déjà effectuées est strictement inférieur au nombre maximal d'utilisations.

5

13. Procédé d'analyse électrophysiologique selon l'une des revendications 10 à 12, le procédé étant mis en œuvre dans un système (200) dans lequel un ensemble d'électrodes (150) comprend deux électrodes (110) et un circuit électronique adapté sélectivement relier les électrodes par une résistance de valeur déterminée,

10

le test de conductivité électrique (330) des électrodes comprenant :

- l'application, à une électrode d'un ensemble, d'une tension connue,
- la mesure du potentiel de l'autre électrode de l'ensemble,
- la comparaison du potentiel mesuré avec un potentiel théorique obtenu à partir de la valeur de la résistance, et
- la production d'un résultat de test positif si une différence entre le potentiel mesuré et le potentiel théorique est inférieure à un seuil déterminé.

15

1/5

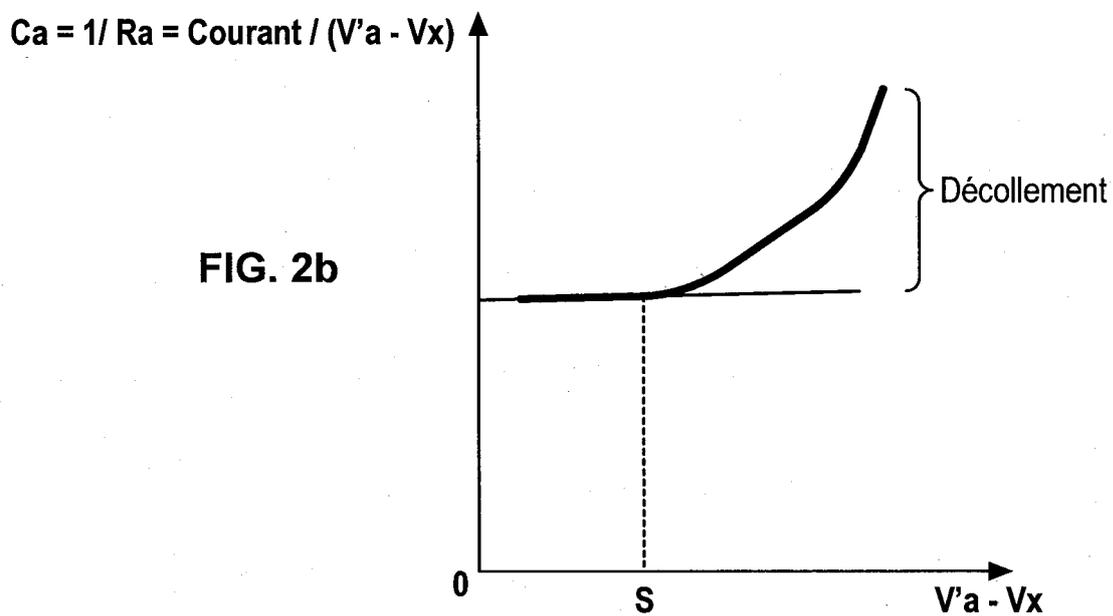
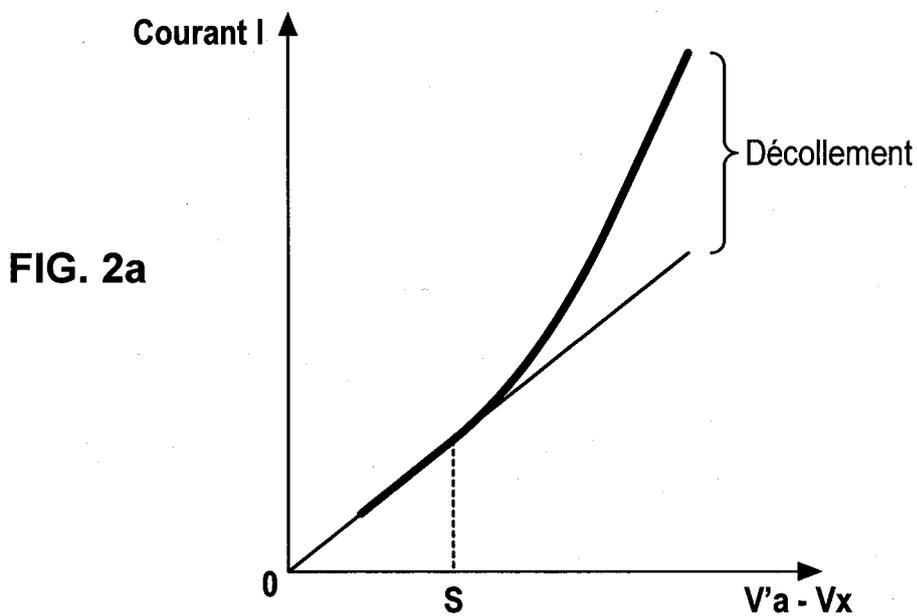
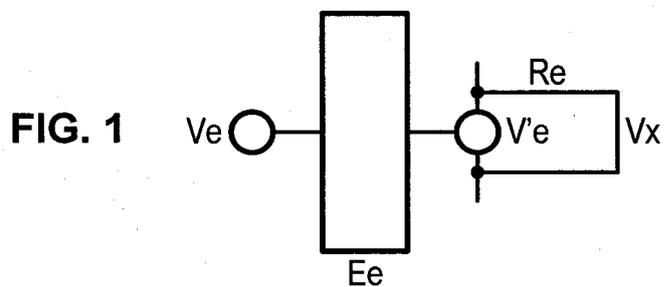
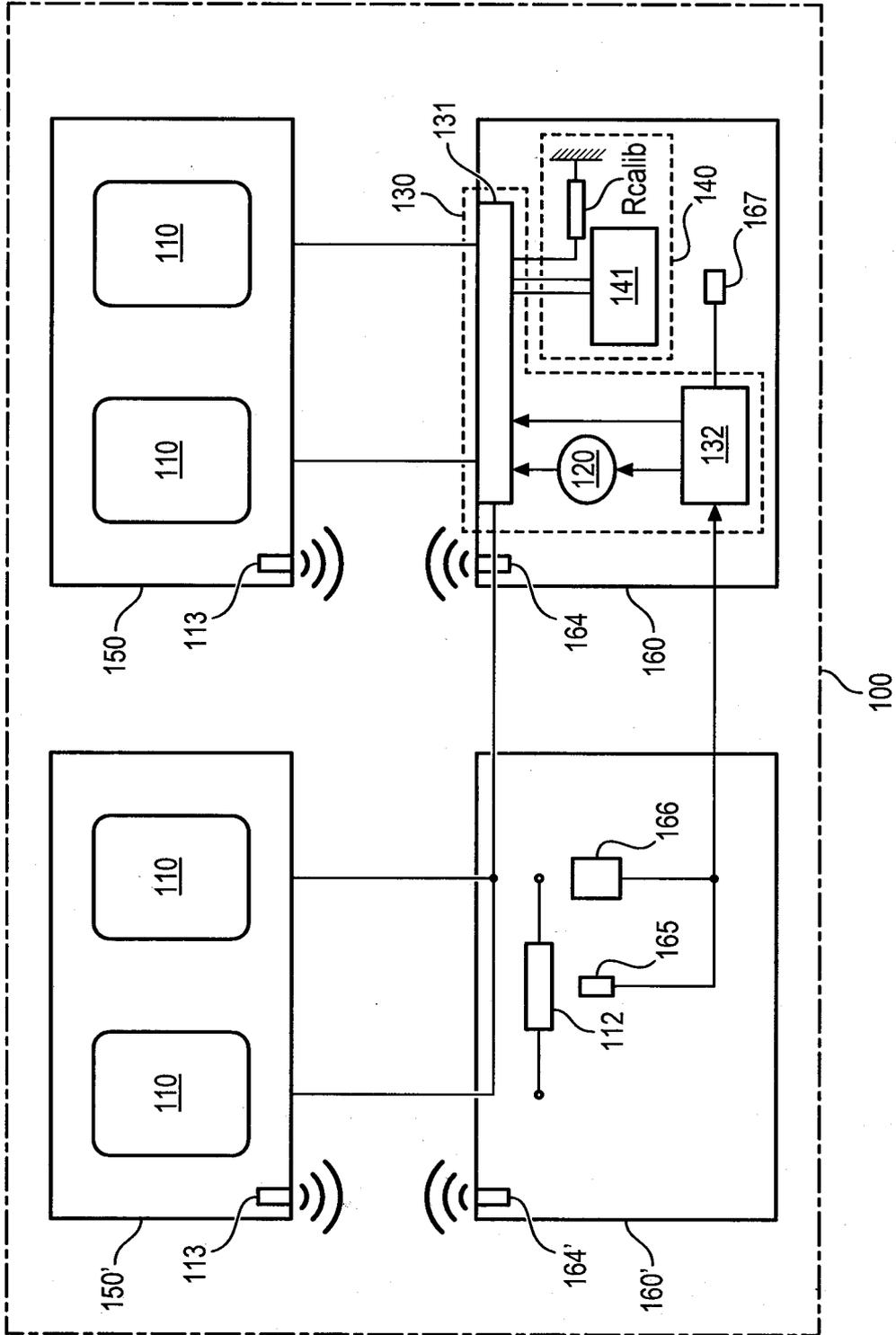
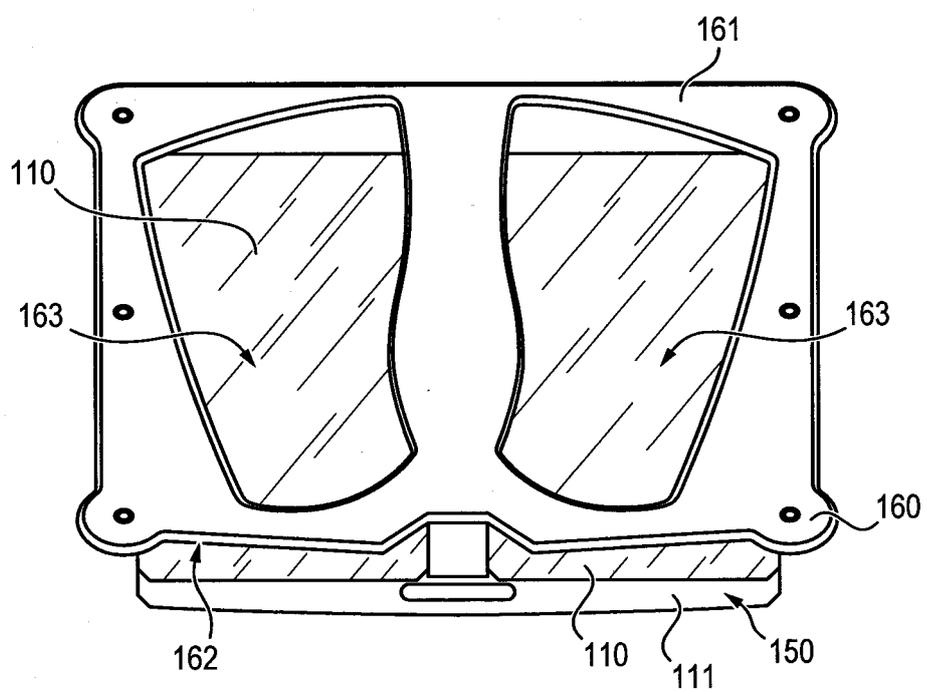


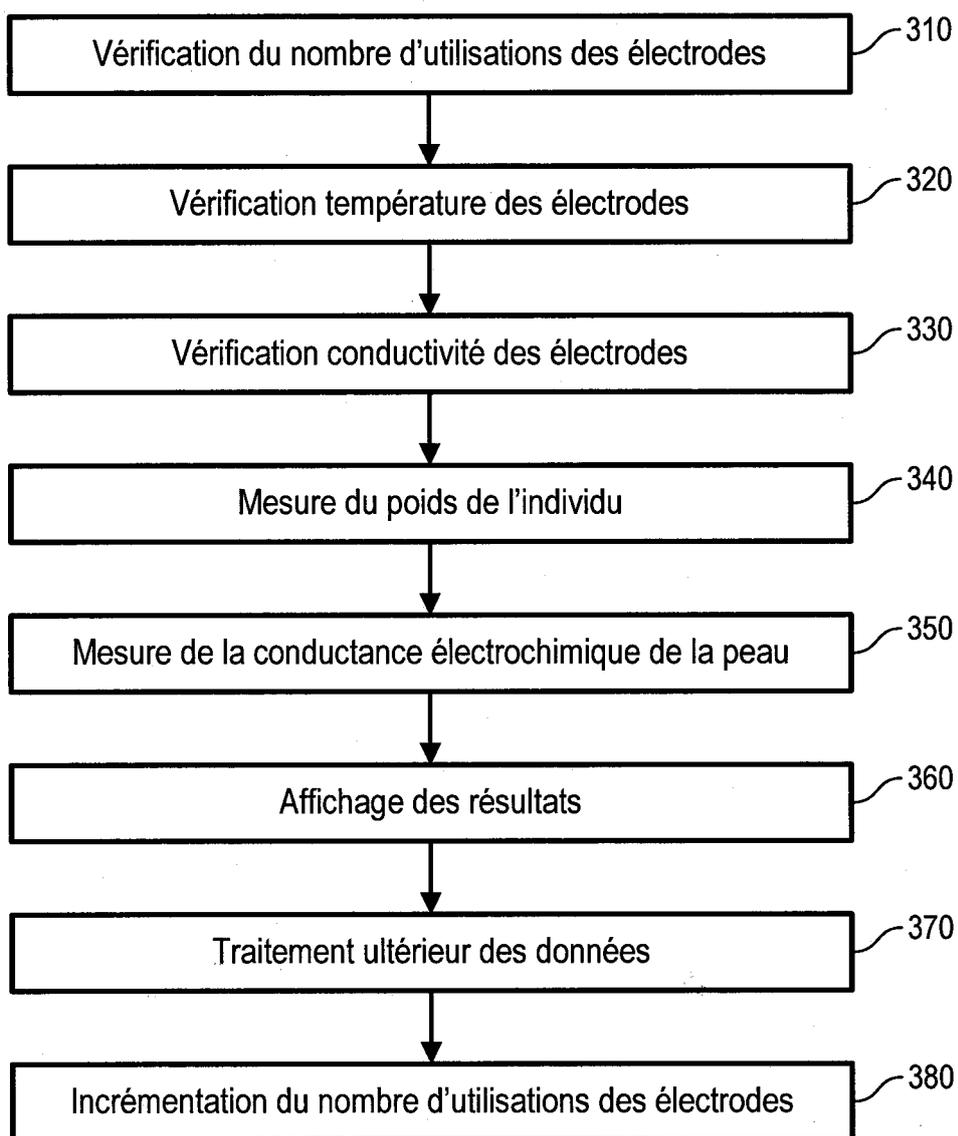
FIG. 3a



4/5

FIG. 4



5/5**FIG. 5**



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 804531
FR 1461447

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		
Y	US 2003/078482 A1 (KENAN GAD [IL] ET AL) 24 avril 2003 (2003-04-24) * alinéa [0073] * * alinéa [0077] - alinéa [0082] * * alinéa [0096] - alinéa [0106] * * figures 1-4,7 *	1,3, 5-10,13	A61B5/053
Y,D	FR 2 994 819 A1 (IMPETO MEDICAL [FR]) 7 mars 2014 (2014-03-07) * page 5, ligne 18 - page 12, ligne 32 * * figures *	1,3, 5-10,13	
A	US 4 947 862 A (KELLY KEVIN A [US]) 14 août 1990 (1990-08-14) * colonne 4, ligne 42 - colonne 5, ligne 46 * * colonne 8, ligne 26 - ligne 32 * * figures 1,2 *	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			A61B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 juillet 2015		Görlach, Tobias	
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	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1461447 FA 804531**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24-07-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003078482 A1	24-04-2003	AUCUN	
FR 2994819 A1	07-03-2014	FR 2994819 A1	07-03-2014
		WO 2014033117 A1	06-03-2014
US 4947862 A	14-08-1990	AUCUN	