

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 53532 B1**
- (51) Cl. internationale : **A61B 5/08; G09B 23/288; A61B 5/085**
- (43) Date de publication : **31.05.2023**
-
- (21) N° Dépôt : **53532**
- (22) Date de Dépôt : **15.06.2021**
- (71) Demandeur(s) : **Université Mohammed VI des Sciences de la Santé, Bld Mohammed Taïeb Naciri, Casablanca, 82 403 (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **EL MANSOURI KHALIFA ; Abouzahir Mohamed ; Et-tahir Aziz ; BELAGUID Abdelaziz**
- (74) Mandataire : **ZITOUNI SARA**
-
- (54) Titre : **Modèle du Système Respiratoire en Mode Pression Contrôlée à Base du Transistor MOS**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne de manière générale un modèle et un circuit d'analyse des caractéristiques du système respiratoire humain en utilisant des composants électriques et électroniques. La présente invention offre une alternative améliorée du modèle respiratoire à base du circuit Résistance-Capacité, la compliance pulmonaire variable qu'est présentée par un transistor MOS et la résistance des voies respiratoires sont calculés à partir d'un certain nombre de mesures physiologiques à savoir la pression, le débit, l'écoulement laminaire et une exponentielle invariante déterminée empiriquement. Ce circuit électronique est validé dans le contexte de la ventilation mécanique en utilisant le mode de pression contrôlée, le courant qui représente le débit a été mesuré et démontre la validité du modèle proposé. Ce circuit électronique est un moyen paramétrique de diagnostic et d'analyse de diverses pathologies du système respiratoire humain.

ABRÉGÉ

La présente invention concerne de manière générale un modèle et un circuit d'analyse des caractéristiques du système respiratoire humain en utilisant des composants électriques et électroniques. La présente invention offre une alternative améliorée du modèle respiratoire à base du circuit Résistance-Capacité, la compliance pulmonaire variable qu'est présentée par un transistor MOS et la résistance des voies respiratoires sont calculés à partir d'un certain nombre de mesures physiologiques à savoir la pression, le débit, l'écoulement laminaire et une exponentielle invariante déterminée empiriquement. Ce circuit électronique est validé dans le contexte de la ventilation mécanique en utilisant le mode de pression contrôlée, le courant qui représente le débit a été mesuré et démontre la validité du modèle proposé.

Ce circuit électronique est un moyen paramétrique de diagnostic et d'analyse de diverses pathologies du système respiratoire humain.

Modèle du Système Respiratoire en Mode Pression Contrôlée à Base du Transistor MOS

DESCRIPTION

CONTEXTE DE L'INVENTION

1. Domaine de l'invention

La présente invention concerne un modèle électronique du système respiratoire sous ventilation artificielle en mode pression contrôlée. Le modèle peut servir comme un moyen paramétrique de diagnostic et de traitement de diverses pathologies.

2. Description de l'état de la technique

La fonction pulmonaire est en général évaluée par des tests et des techniques comme la méthode d'oscillation forcée, d'occlusion, la méthode conventionnelle simple...etc. Ces méthodes consistent à définir une impédance mécanique du système respiratoire ou des courbes d'impédance en utilisant la pression et le débit d'air mesurés. Ces courbes obtenues sont facilement corrélées avec des modèles constitués de composants électriques. Il existe quatre modèles (linéaires) bien connus du système respiratoire humain qui imitent les résultats obtenus à partir d'un patient. Ces modèles sont résumés comme suit:

- Modèle RIC : La résistance des voies respiratoires R (en $\text{cmH}_2\text{O} / \text{L} / \text{s}$ ou $\text{kPa} / \text{L} / \text{s}$), l'inertance pulmonaire I ($\text{cmH}_2\text{O} / \text{L} / \text{s}$ ou $\text{kPa} / \text{L} / \text{s}$) et la compliance des alvéoles C ($\text{L} / \text{cmH}_2\text{O}$ ou L / kPa) sont modélisées comme un simple circuit à trois éléments. Voir la figure 1.

- Modèle viscoélastique : Le modèle viscoélastique présente le système respiratoire en fonction de la résistance globale des voies respiratoires R_{aw} , de la compliance statique C_s , et de la résistance et compliance des tissus viscoélastiques, R_{ve} et C_{ve} , respectivement. Voir la figure 2.

- Modèle DuBois : Ce modèle divise la résistance, l'inertance et la compliance en paramètres séparés. Ainsi, le modèle de la résistance des voies respiratoires comprend (R_{aw} , R_t). le modèle de l'inertance comprend (I_{aw} , I_t) et le modèle de la compliance alvéolaire comprend (C_g , C_t). Voir la figure 3.

- Le modèle de Mead représente les sept paramètres des poumons et de la cage thoracique. Ses sept paramètres sont l'inertance (I), la résistance centrale et périphérique (R_c et R_p), les poumons, la cage thoracique, le tube bronchique et la compliance extrathoracique (C_l , C_w , C_b , C_e). Voir la figure 4.

Cependant, malgré les progrès actuels dans le domaine d'analyse respiratoire, il existe un besoin continu de fournir des modèles de circuits fiables capables de simuler avec précision le système respiratoire d'un sujet.

Il existe un besoin pour un modèle de circuit amélioré qui minimise davantage les différences entre les données d'impédance mesurées et l'impédance produite par les valeurs de paramètres de modèle.

DETAIL DE L'INVENTION

L'invention du demandeur propose un circuit électronique qui modélise le système respiratoire, ce circuit est composé d'une source de tension, un composant à semi-conducteur appelé transistor MOS en série avec une résistance électrique, voir la figure 5.

- La source de tension génère un signal dont la forme est similaire à la forme du signal pression du mode pression contrôlée de la ventilation mécanique, voir la figure 6. Le débit obtenu du système respiratoire est décélérant, voir la figure 7.
- La résistance électrique représente la résistance des voix aériennes
- Un transistor MOS représente la compliance pulmonaire

Afin de bien présenter notre brevet, il est nécessaire de rappeler la structure du transistors MOS (Metal-oxide semiconductor) et de définir les paramètres qui serviront à réaliser et à tester le circuit proposé.

Dans la figure 8, le transistor MOS est constitué de deux régions de semi-conducteur dopé p, appelées source et drain, qui sont séparées par une zone de semi-conducteur dopé n, appelé bulk ou substrat. Une fine couche d'isolant (SiO_2) couvre la région entre la source et le drain. Cette couche est recouverte par une électrode métallique, appelée grille.

Le montage de la figure 8 représente un condensateur réalisé par un MOS constitué de deux électrodes conductrices séparées par un matériau isolant. Ainsi, le métal et le semi-conducteur représentent les électrodes, l'isolant représente le diélectrique.

Le circuit de la figure 5 a été réalisé sur un support physique à deux sorties analogiques appelé NI ELVIS II de la société national instrument. Dans ce mode de réalisation, le premier composant présente une capacité variable en fonction de la tension, le deuxième composant est une résistance ajustable dans une plage de valeurs des paramètres. La première borne du circuit a été connectée à la sortie analogique de la carte de test et la deuxième borne a été connectée à la masse. La mesure a été réalisée par les instruments intégrés dans la carte de test.

Le circuit électronique de la figure 5 de la présente invention a été testé et les résultats obtenus sont donnés dans la figure 9, ce résultat comparé aux données théoriques dans la figure 7 valide le circuit proposé.

La présente invention a été décrite en termes du mode de réalisation préféré, et il est reconnu que des équivalents, des alternatives et des modifications, en dehors de ceux expressément indiqués, sont possibles et dans la portée des revendications annexées.

REVENDICATIONS

1. Un modèle du système respiratoire à base d'un composant à semi conducteur appelé transistor MOS destiné à être utilisé dans l'analyse des données respiratoires des patients adultes, comprenant:

- Une source de tension (3) qui génère un signal similaire au signal de pression du mode pression contrôlée du ventilateur artificiel,

- Un transistor MOS (1) dont le substrat connecté à la source et la grille connectée à une résistance, ce composant présente la compliance variable du système respiratoire humain,

- Une résistance (2) connecté à la grille du transistor MOS et à la source et correspond à la résistance du système respiratoire humain;

2. Le modèle du système respiratoire à base du transistor MOS selon la revendication 1, contient des composants physiques réels connectés sur la carte de test électronique.

3. Le modèle du système respiratoire à base du transistor MOS selon la revendication 1, contient un composant physique dont la capacité est variable en fonction de la tension d'entrée et un autre composant dont la résistance est réglable dans une plage de valeurs de paramètres.

4. Le modèle du système respiratoire à base du transistor MOS selon la revendication 1, peut être connecté à un générateur de signaux et à des instruments de mesure réels.

LES DESSINS

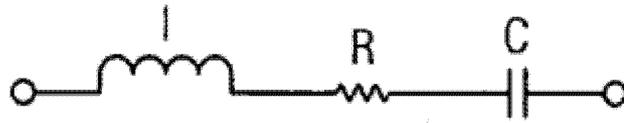


Figure 1

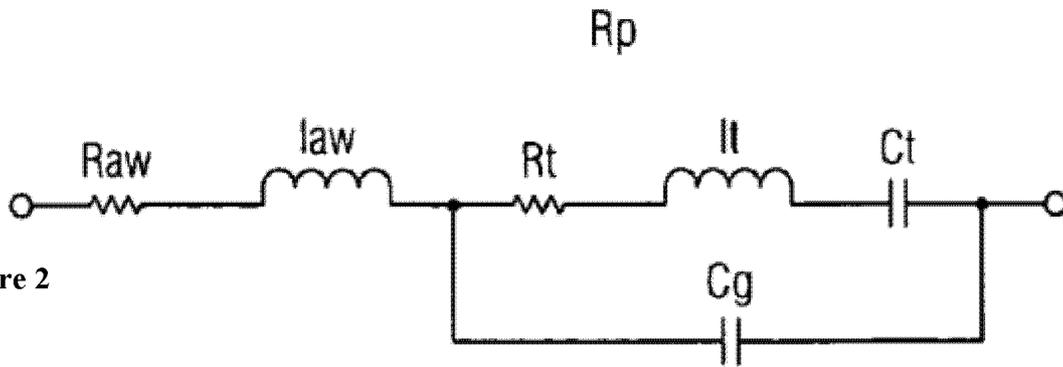


Figure 2

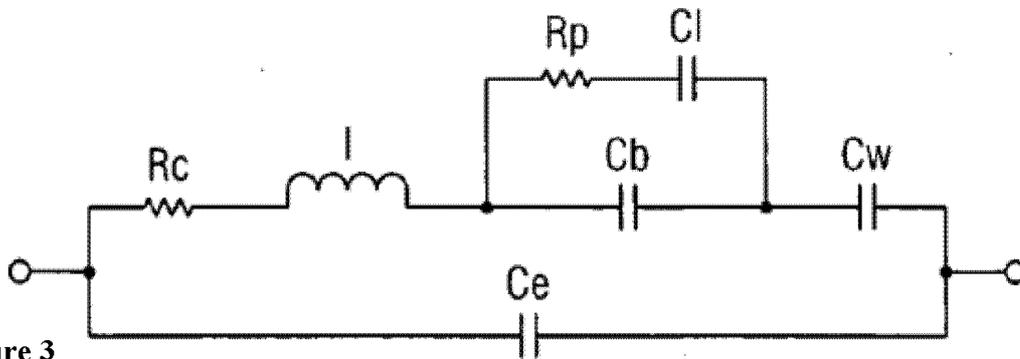


Figure 3

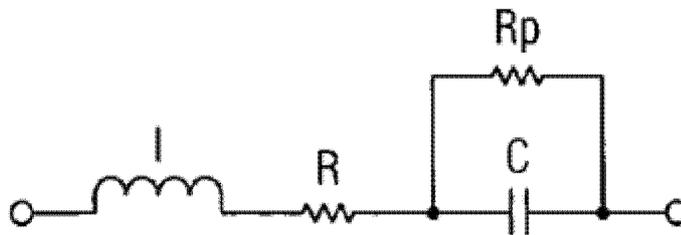


Figure 4

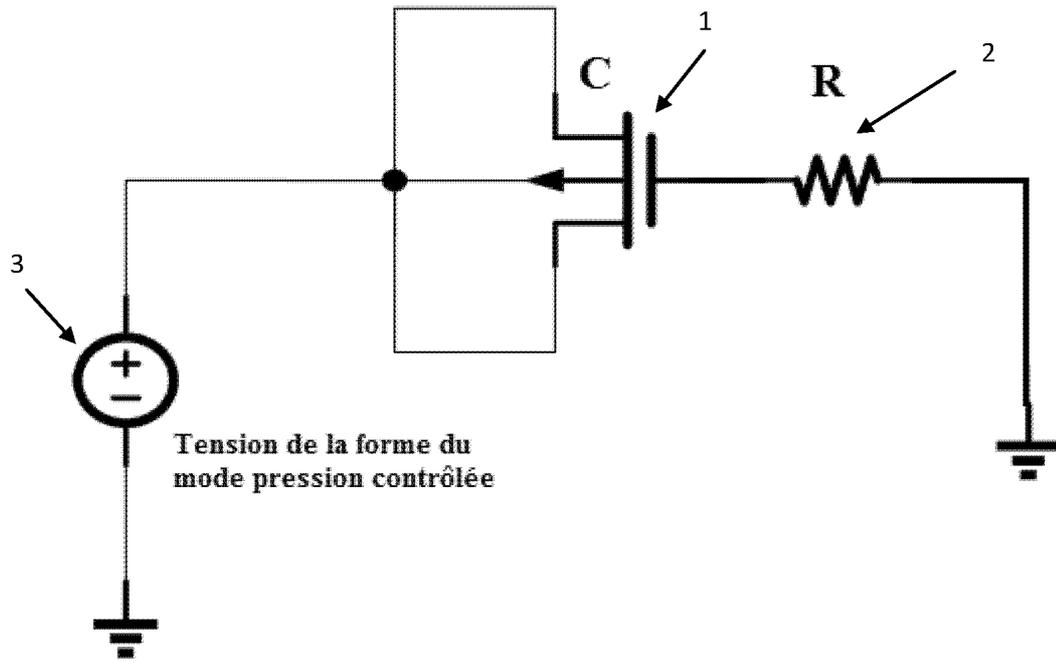


Figure 5

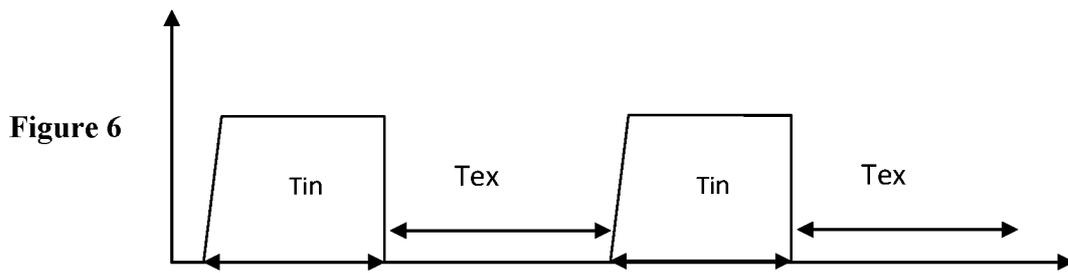


Figure 6

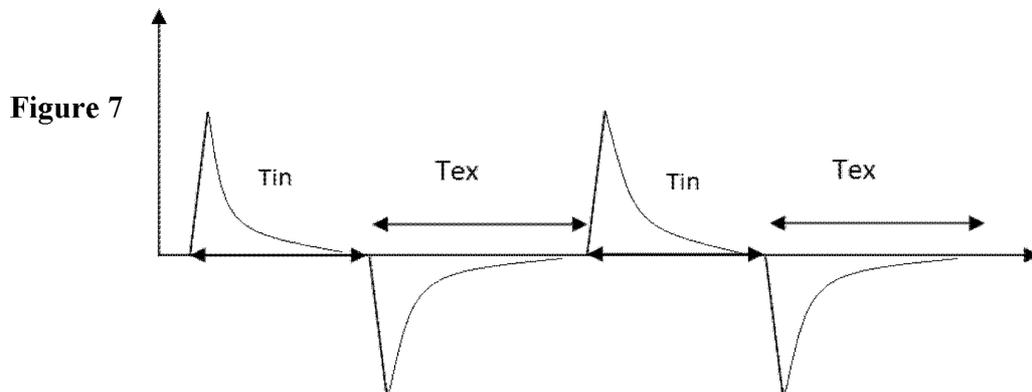


Figure 7

Figure 8

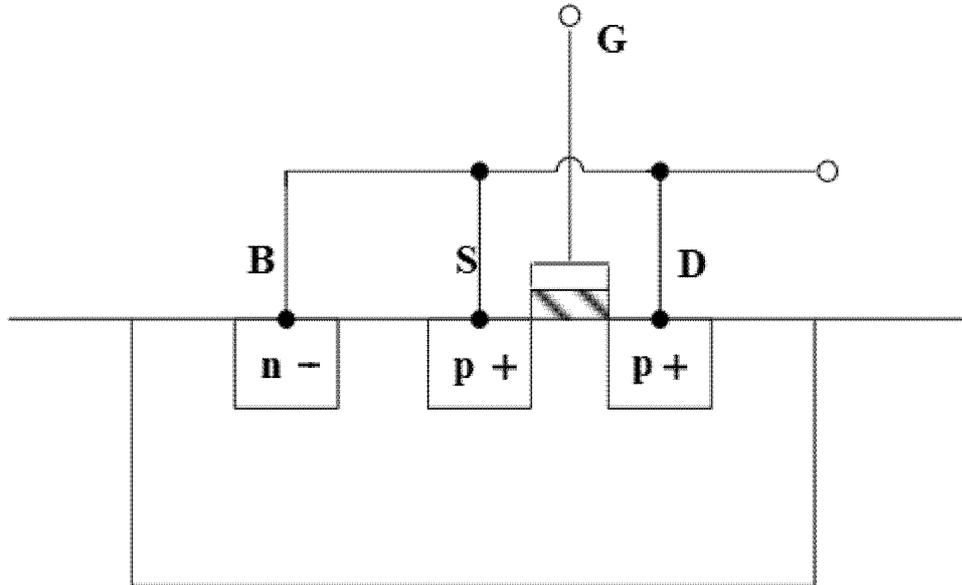
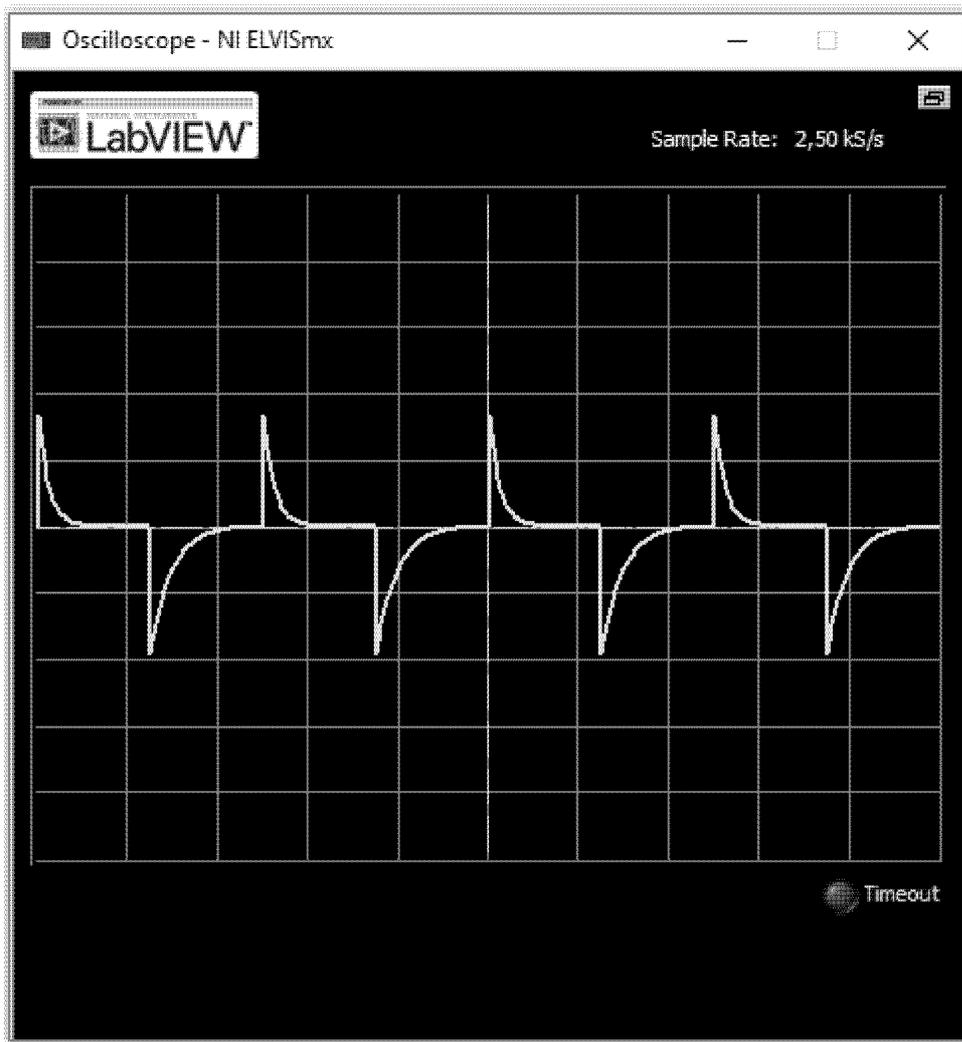


Figure 9



**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

| | |
|---|--|
| Renseignements relatifs à la demande | |
| N° de la demande : 53532 | Date de dépôt : 15/06/2021 |
| Déposant : Université Mohammed VI des Sciences de la Santé | |
| Intitulé de l'invention : Modèle du Système Respiratoire en Mode Pression Contrôlée à Base du Transistor MOS | |
| Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. | |
| Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu. | |
| Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants : | |
| Partie 1 : Considérations générales | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés | |
| Partie 2 : Rapport de recherche | |
| Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité | |
| <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle | |
| Examineur: Ilham Oubiyi | Date d'établissement du rapport : 04/03/2022 |
| Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00 |  |

Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

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

- Description
3 Pages
- Revendications
4
- Planches de dessin
3 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : A61B5/08

CPC : A61B5/085, G09B23/288

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

| Catégorie* | Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | N° des revendications visées |
|------------|---|------------------------------|
| A | US8100836B2 ; Texas Christian University ; 24-01-2012 | 1-4 |
| A | « Modeling and simulation of a new artificial breathing system » ; Essoukaki Elmaati, Ben taleb Lhoucine, Rattal Mourad, A. Abdelhadi, Harmouchi Mohammed, Mouhsen Azeddine, Lyazidi Aissam ; 28-03-2018 https://www.semanticscholar.org/paper/Modeling-and-simulation-of-a-new-artificial-system-Elmaati-Lhoucine/aea3174954cfa921018e374c60d2740af00f097d#extracted | 1-4 |
| A | « The augmented RIC model of the human respiratory system » ; Bill Diong, A Rajagiri, M Goldman, Homayoun Nazeran ; avril 2009 https://www.researchgate.net/figure/Electric-circuit-models-of-respiratory-system-impedance-fig1-23965914 | 1-4 |

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs

-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté***- Remarques de forme*

- La forme des revendications 1-4 ne respectent pas les dispositions de l'article 10 du décret n°2-14-316 d'application de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet :

➔ Toute revendication qui comprend les caractéristiques d'une ou de plusieurs autres revendications de la même catégorie (produit, procédé, dispositif ou utilisation) doit, au début, garder le même objet revendiqué de la revendication auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées et indiquer les caractéristiques revendiquées qui s'ajoutent à celle dont la protection est demandée dans la ou les autres revendications (Article 10).

En effet, dans la partie préambule des revendications dépendantes 2-4, l'objet des revendications doit être le même que celui de la première revendication indépendante (dispositif), et d'inclure dans la partie caractérisante, les caractéristiques dont la protection est envisagée.

Il conviendrait par conséquent d'interpréter l'objet de la protection des revendications en étant un : « dispositif/système » ;

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

| | | |
|--------------------------|-----------------------|-----|
| Nouveauté | Revendications 1-4 | Oui |
| | Revendications aucune | Non |
| Activité inventive | Revendications 1-4 | Oui |
| | Revendications aucune | Non |
| Application Industrielle | Revendications 1-4 | Oui |
| | Revendications aucune | Non |

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

D1 : US8100836B2

1. Nouveauté

Aucun des documents cités ci-dessus, pris isolément, ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques de la revendication indépendante 1. D'où l'objet de ladite revendication est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, les revendications dépendantes 2 à 6 sont aussi nouvelles.

2. Activité inventive

Le document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue (voir abrégé et figures) du système respiratoire modélisé par l'utilisation d'un réseau linéaire de composants électriques destiné à être utilisé dans l'analyse des données respiratoires des patients adultes, comprenant :

- Une source de tension qui génère un signal similaire au signal de pression du mode pression contrôlée du ventilateur artificiel,
- Une résistance connectée au circuit électrique et correspond à la résistance du système respiratoire humain.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de D1 par :

- Un transistor MOS, qui présente la compliance variable du système respiratoire humain dont le substrat connecté à la source de tension et la grille connectée à la résistance qui correspond au système respiratoire humain.

Le problème technique objectif que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme : comment minimiser les différences entre les données d'impédance mesurées et l'impédance produite par les valeurs de paramètres du système respiratoire modélisé.

La solution à ce problème proposée dans la revendication 1 n'est pas décrite dans l'art antérieur, pris seul ou en combinaison. Aucun enseignement n'a été trouvé dans les documents de l'état de la technique qui aurait incité l'homme du métier, d'arriver à la solution telle que décrite dans la revendication 1. Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les revendications 2-4 dépendent de la revendication 1 dont l'objet est considéré inventif, comme indiqué auparavant, et satisfont donc également, en tant que telles, aux exigences de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.