

Conception et fabrication d'une nouvelle génération de moniteur multiparamétrique dénommé LIKITA CARE® par la start up YAYI MAKE-NIGER

[Design and manufacturing of a new generation of multiparametric monitor called LIKITA CARE® by the startup YAYI MAKE NIGER]

Mamane Kabirou Ouseini Salatiko¹, Ousman Seydou Gnaly¹, Boukary Souleymane Abdoul Maliki², Mammane Sani Zakari Foumakoye³, Eric Adehossi³, and Ibrahim Maman Laminou⁴

¹YAYI-MAKE, Niger

²Faculté de Science de la Santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

³Hôpital Général de Référence, Niger

⁴Centre de Recherche Médicale et Sanitaire de Niamey, Niger

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Background: Measuring and monitoring the physiological constants of patients in a hospital environment is very important in order to detect any clinical deterioration early. The use of an electronic monitor is essential for this monitoring.

Objective: This study aims to describe the design and manufacturing of a new monitor called LIKITA CARE® by the company YAYI MAKE from Niger.

Methodology: The LIKITA CARE® device includes two main parts: The electronic part and the software part. The electronic part includes three electronic modules: the control and signal processing module, the communication module and the power supply module. These different parts were manufactured and assembled.

Results: LIKITA CARE® is a monitor for measuring the physiological constants of patients in particular: body temperature, heart rate, respiratory rate, blood pressure, electrocardiogram and oxygen saturation. It also allows you to monitor one or more patients thanks to its wifi connectivity and its web platform interface.

Conclusion: LIKITA CARE® is a patient diagnostic and monitoring monitor, easy to handle and reproduce locally using 3D printing. The device allows six physiological parameters to be measured simultaneously. It would be important to compare its performance to other monitors.

KEYWORDS: LIKITA CARE®, monitor, diagnosis, monitoring, YAYI MAKE-Niger.

RESUME: Problématique: La mesure et la surveillance des constantes physiologiques des patients en milieu hospitalier est d'une grande importance afin de détecter précocement toute détérioration clinique. L'utilisation de moniteur électronique est indispensable à cette surveillance.

Objective: Cette étude vise à décrire la conception et la fabrication d'un nouveau moniteur dénommé LIKITA CARE® par l'entreprise YAYI MAKE du Niger.

Méthodologie: L'appareil LIKITA CARE® comprend deux principales parties: La partie électronique et la partie logicielle. La partie électronique comprend trois modules électroniques: le module de contrôle et de traitement de signaux, le module de communication et le module d'alimentation. Ces différentes parties ont été fabriquées et assemblées.

Résultats: LIKITA CARE® est un moniteur de mesure des constantes physiologiques des patients en particulier: la température corporelle, la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, la tension artérielle, l'électrocardiogramme et la saturation en oxygène. Il permet aussi de surveiller un ou plusieurs patients grâce à sa connectivité wifi et à l'interface de sa plateforme web.

Conclusion: LIKITA CARE® est un moniteur de diagnostic et de surveillance des patients, facile à manipuler et à reproduire localement grâce à l'impression 3D. Le dispositif permet de mesurer simultanément six paramètres physiologiques. Il serait important de comparer ses performances à celles d'autres moniteurs.

MOTS-CLEFS: LIKITA CARE®, moniteur, diagnostic, surveillance, YAYI MAKE-Niger.

1 INTRODUCTION

La surveillance de l'état de santé des patients en général et en particulier de leurs constantes physiologiques (température, fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, tension artérielle, électrocardiogramme, saturation en oxygène) en milieu hospitalier est d'une importance capitale pour détecter précocement toute détérioration clinique. Dans la plupart des hôpitaux, les infirmières mesurent et documentent systématiquement les paramètres vitaux de tous les patients, deux à trois fois par jour afin d'évaluer l'état de santé du patient [1].

Cependant, la vigilance constante des infirmiers, qui devrait être appliquée à tous les patients, a beaucoup de limites, en particulier pendant les gardes de nuit et surtout en cas de manque de personnels. Dans ces conditions, un changement de l'état d'un patient risque d'être ignoré.

Aussi, les infirmiers utilisent pour chaque constante physiologique un dispositif médical différent, tel qu'un thermomètre pour mesurer la température, un oxymètre pour mesurer la saturation en oxygène et un tensiomètre pour mesurer la pression artérielle, un stéthoscope pour le pouls et la fréquence cardiaque etc [2]...

Afin d'améliorer la qualité des soins des patients et réduire la charge de travail du personnel soignants, l'entreprise YAYI MAKE du Niger a développé un moniteur patient connecté dénommé LIKITA CARE® qui mesure et surveille simultanément six paramètres physiologiques des patients (la température corporelle, fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, la tension artérielle, l'électrocardiogramme et la saturation en oxygène).

Grâce à son Wifi, l'appareil LIKITA CARE® peut se connecter à un réseau local et envoyer les données de plusieurs patients sur une plateforme de surveillance centralisée, ce qui va améliorer la prise en charge, particulièrement pendant les périodes de crise sanitaire comme celles de la COVID-19 ou d'Ébola où les agents de santé sont submergés et le risque de contagion est très important.

Cet article méthodologique, décrit la conception, la fabrication et l'assemblage des différentes parties de l'appareil LIKITA CARE® par la startup YAYI MAKE au Niger.

2 MÉTHODOLOGIE

LIKITA CARE® est un dispositif médical composé d'un moniteur des constantes physiologiques pour le diagnostic et le suivi médical des patients et d'une plateforme de gestion des patients hospitalisés. Ce dispositif est constitué d'une partie matérielle (le circuit électrique et le boîtier) et d'une partie logicielle qui seront plus tard assemblés.

2.1 PARTIE MATÉRIELLE

2.1.1 CIRCUIT ÉLECTRONIQUE

L'appareil LIKITA CARE® comprend une partie électronique, dont le schéma fonctionnel est détaillé par la **figure 1**. Cette partie est composée de:

- Un module de contrôle et de traitement de signal (MCTS) qui permet l'acquisition des signaux de tous les capteurs, le filtrage des signaux de l'électrocardiogramme (EEG) et du photopléthysmogramme (PPG), la synchronisation des diodes électroluminescentes (LEDs) infrarouge et des LEDs rouges du capteur de saturation pulsée en oxygène (SpO2), le contrôle de la pompe à air pour gonfler et dégonfler le brassard lors de la mesure de la pression non invasive (PNI) et l'amplification des mesures de la température, des signaux des électrodes EEG et le signal de la photodiode du capteur SPO2.

- L'ESP 32 est une série de microcontrôleurs de type "système sur puce" à faible coût et à faible consommation, dotés de capacités Wi-Fi (fidélités sans fil) et Bluetooth et d'une structure hautement intégrée alimentée par un microprocesseur Tensilica Xtensa LX6 à double cœur (3). Cette partie de circuit permet de recevoir par des séries de communication les données mesurées par MCTS, de gérer l'interface bouton utilisateur, composée d'un bouton de commutation de mode de communication sans fil entre le Wifi et le Bluetooth, et d'un bouton de réinitialisation du système. Le microprogramme exécuté par l'ESP 32 dont l'organigramme est détaillé dans la **figure 2**, permet de gérer la communication de l'appareil par Bluetooth ou Wifi. Le bouton de commutation de mode permet d'indiquer à l'ESP 32, le mode de communication choisi par l'utilisateur.
 - Si le système est en mode Bluetooth, l'appareil configure une communication série avec un débit de 57600 bauds en mode maître, après un appareillage et une authentification du client (l'application installée sur la tablette) l'ESP 32 transfère les données mesurées par le MCTS par Bluetooth au client avec une vitesse de transfert de 57600 bauds.
 - Si le système est en mode Wifi, l'appareil ouvre un point d'accès qui permet à l'utilisateur de se connecter après authentification et d'accéder à une page HTML de configuration. La page va permettre à l'utilisateur d'indiquer les accès réseau à l'appareil, l'adresse IP et le port du serveur (La plateforme de surveillance). Une fois la connexion établie, l'appareil transmet les données par un protocole de transfert hypertexte (HTTP) sous format Java Script Objet Notation (JSON) avec une période choisie par l'utilisateur au niveau de la plateforme.
- Deux diodes électroluminescentes (LEDs) contrôlées par l'ESP 32 permettent d'indiquer à l'utilisateur le mode communication sans fil de l'appareil en exécution et une mémoire en lecture seule programmable électriquement effaçable (EEPROM) de l'ESP 32 permet de sauvegarder le mode de communication et les accès aux réseaux en cas de redémarrage ou en cas d'interruption de courant.
- Le module d'alimentation permet de gérer la distribution de la puissance dans tout le circuit. Une alimentation électrique de 12 volts permet d'alimenter le module grâce à une entrée jack. Un régulateur de tension va convertir la tension 12 V en 3,3 V pour alimenter l'ESP 32 et un bouton Allumer / éteindre (ON/OFF) permet d'allumer et d'éteindre l'appareil.

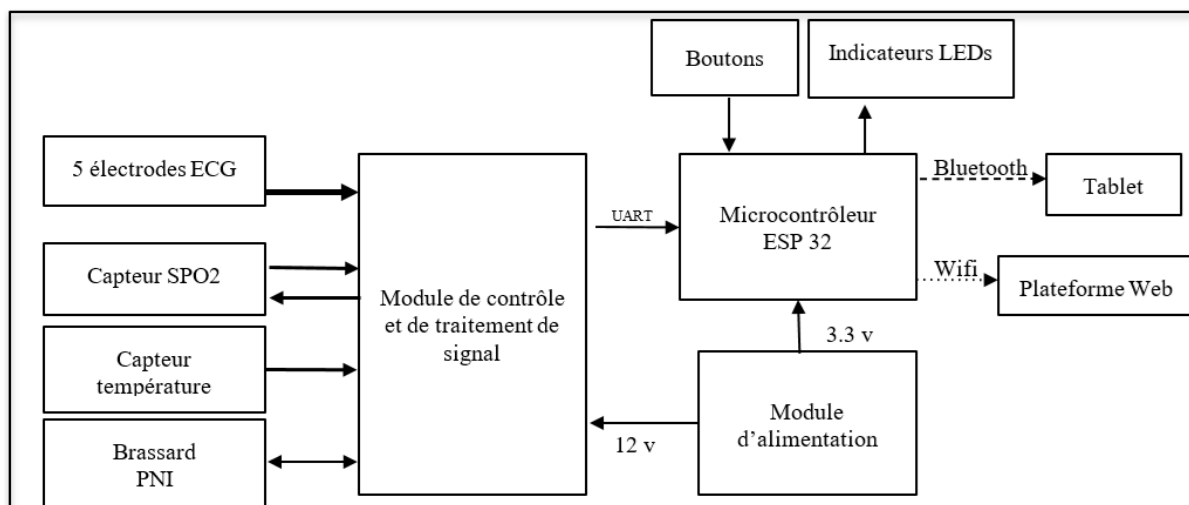


Fig. 1. Schéma fonctionnel de la partie électronique de l'appareil LIKITA CARE®

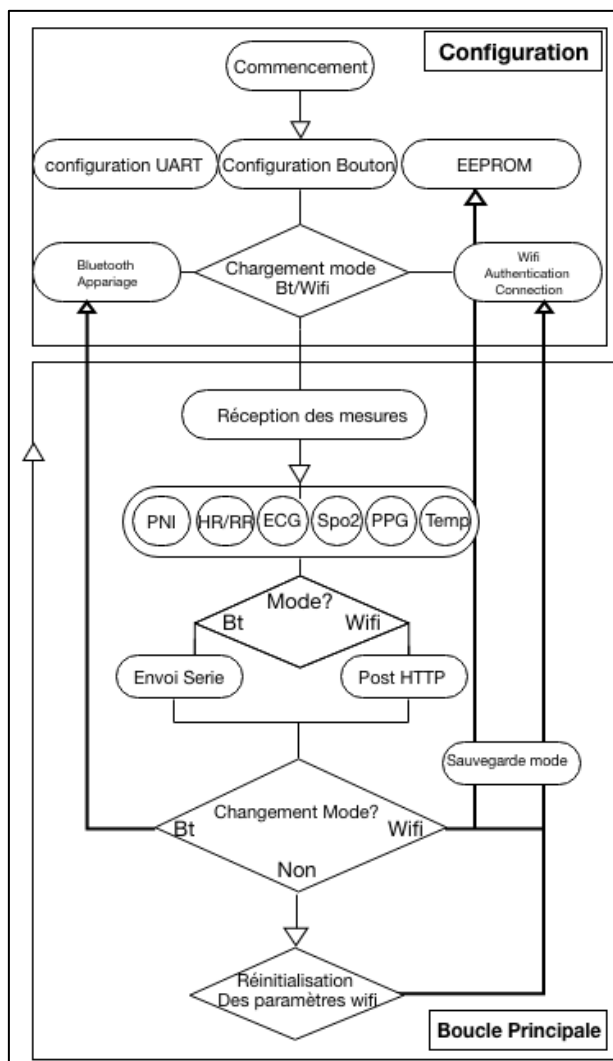


Fig. 2. Organigramme du microprogramme ESP32

2.1.2 LA BOITIER

Le boîtier de l'appareil a été modélisé avec la méthode de conception assistée par ordinateur (CAO) paramétrique sous le logiciel Fusion 360. L'impression trois (3) dimensions (3D) a été choisie comme méthode de fabrication assistée par ordinateur (FAO) en utilisant le logiciel de découpage CURA avec les paramètres d'impression suivant:

- Filament utilisé: ABS (acrylonitrile butadiène styrène) 1,75 mm de diamètre
- Température d'impression: 230 °C
- Température de plateau: 100 °C
- Hauteur de la couche: 0.2 mm
- Épaisseur de la paroi: 1.2 mm
- Densité du remplissage: 20 %
- Vitesse d'impression: 80 mm/s
- Densité de Support: 20 %
- Type d'adhérence du plateau: Bordure

Après la génération du code machine (GCODE) avec CURA, L'imprimante 3D Creality CR-6 (Modèle d'imprimante Fabriqué par creality) a permis d'imprimer le boîtier avec une tête d'impression de 0.4 mm de diamètre et 16 heures 30 minutes d'impression.

2.2 PARTIE LOGICIELLE

L'appareil LIKITA CARE® est aussi une application mobile qui sert d'interface utilisateur. Une fois installée sur une tablette Android, elle permet de recevoir par Bluetooth les données mesurées par la partie électronique et de les afficher sous forme de courbe et de chiffre répartis en catégorie comme indiqué sur la **figure 3**.

L'interface a été développée avec Flutter, un kit de développement logiciel (SDK) d'interface utilisateur open-source créé par Google®, utilisé pour développer des applications pour Android, iOS, Linux, Mac, Windows, Google Fuchsia et le web à partir d'une seule base de code [4].

L'interface LIKITA CARE® est composée de boutons, de textes et des icônes qui vont guider l'utilisateur à bien lire les informations affichées et d'obtenir facilement les mesures des paramètres vitaux du patient. Elle est divisée en 7 parties:

1. La barre d'application, qui affiche le mode de communication de l'appareil, les informations du patient, la date et l'heure de la surveillance, un bouton pour accéder au manuel d'utilisation et un bouton pour accéder aux paramètres de l'interface
2. Une zone d'ECG, qui peut afficher jusqu'à trois formes d'ECG, la fréquence cardiaque, un bouton qui permet de changer le nombre de dérivation (3 ou 5), un bouton de sélection d'échelle pour chaque courbe d'ECG.
3. Une zone pour afficher la forme d'onde de la respiration (RESP) et la fréquence respiratoire.
4. Une zone qui affiche le signal PPG, la saturation en Oxygène (SpO2) et le pouls mesuré par l'appareil.
5. Une partie qui permet d'afficher et de contrôler la mesure de la pression artérielle.
6. Une partie qui affiche la température mesurée par le capteur et enfin.
7. Une zone de paramètres qui permet de choisir le type de patient (adulte, pédiatrie, néonatale), de pouvoir figer/défiger les formes d'onde ECG, PPG et RESP grâce au bouton PAUSE, de programmer des niveaux d'alarmes et enfin de désactiver et activer la fonction de silence d'alarme du système.

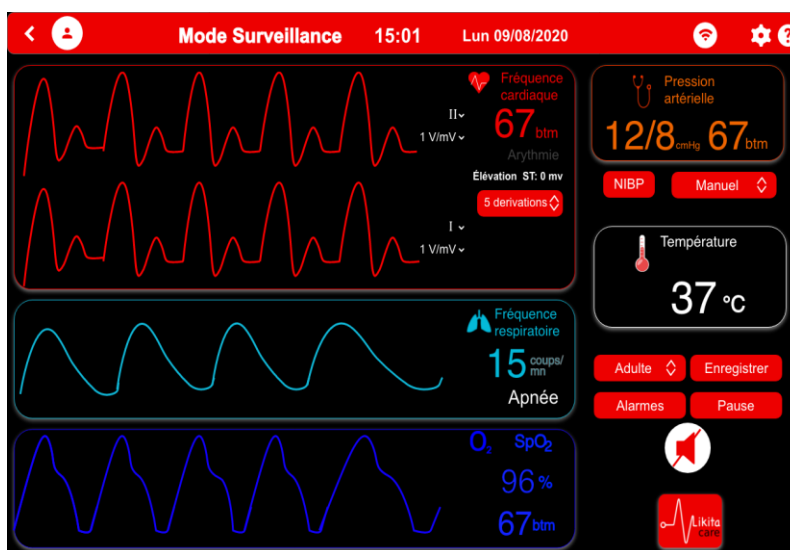


Fig. 3. Interface de l'application mobile LIKITA CARE®

La plateforme de surveillance LIKITA CARE représentée par la **figure 4** permet de récupérer et d'afficher toutes les mesures des appareils LIKITA CARE® en mode Wifi connectés sur le réseau local. Chaque appareil LIKITA CARE® connecté est associé automatiquement à un box sur l'interface qui affiche les mesures envoyées par l'appareil.



Fig. 4. Interface de la plateforme web LIKITA CARE®

2.3 ASSEMBLAGE

La fabrication de LIKITA CARE® est un processus bien structuré combinant une impression 3D pour la création de boîtier puis un assemblage électronique des composantes. Chaque étape est exécutée avec une grande attention afin de garantir la qualité et la durabilité du produit final.

Des tests rigoureux sont réalisés à chaque étape allant du placement des composantes électroniques à leur soudure pour assurer leur fonctionnement optimal.

Parallèlement, le développement du logiciel est tout aussi crucial. L'entreprise YAYI MAKE Niger conçoit une interface utilisateur conviviale qui affiche avec précision les constantes physiologiques enregistrées. Les algorithmes avancés sont intégrés pour garantir des mesures précises et fiables. La **figure 5** montre l'assemblage de l'appareil LIKITA CARE®

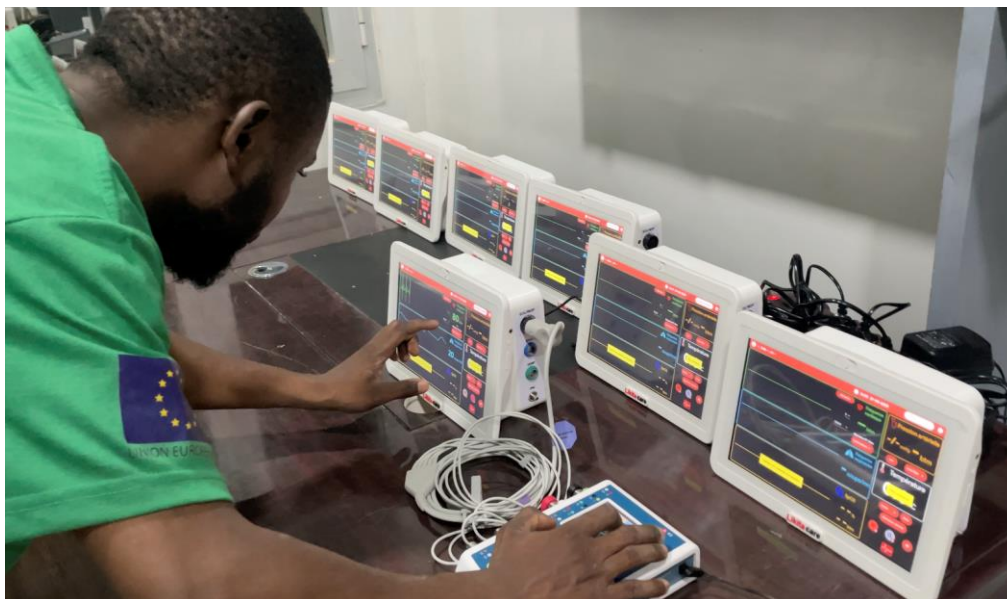


Fig. 5. Assemblage de l'appareil LIKITA CARE®

3 RÉSULTATS

3.1 APPAREIL LIKITA CARE

LIKITA CARE® est un appareil biomédical de diagnostic et de surveillance qui permet de mesurer les paramètres vitaux des patients grâce à quatre (4) capteurs connectés à un appareil qui envoie les données par Bluetooth à une application mobile installée sur une tablette et par Wifi à une plateforme web qui sert de station de surveillance locale.

Les méthodes utilisées pour développer l'appareil LIKITA CARE® permettent de faciliter leurs productions locales. C'est ainsi que deux appareils LIKITA CARE® ont été développés dans l'entreprise YAYI MAKE-NIGER. Grâce à deux simulateurs patients de marque CONTEC MEDICAL: un simulateur patient MS400 et un simulateur SpO2 MS100, plusieurs séries de tests ont été effectués sur les appareils LIKITACARE®.

L'appareil LIKITA CARE® est un moniteur patient qui présente des avantages de fabrication et de maintenance locale plus que les moniteurs patients classiques qu'on trouve sur le marché comme le moniteur MINDRAY modèle MEC-1000.

3.2 FONCTIONNALITÉS

Les mesures des paramètres vitaux sont effectuées avec des capteurs classiques tels qu'une sonde de température, un brassard pour la pression non-invasive (PNI), un capteur de SPO2 de doigts et un câble d'électrocardiogramme (ECG) 5 électrodes. Cela rend facile et rapide leur installation sur des patients par des infirmiers. Les connectivités sans fil de l'appareil lui permettent de faire de la télésurveillance des patients plus facilement et rend automatique la lourde documentation effectuée par les infirmières.

LIKITA CARE® est très précis: il permet de mesurer la température corporelle avec une précision de $\pm 0,2$ °C, la fréquence cardiaque avec une précision de ± 2 bpm, la fréquence respiratoire avec une précision de ± 53 rpm, la tension artérielle avec une précision de ± 3 mm Hg.

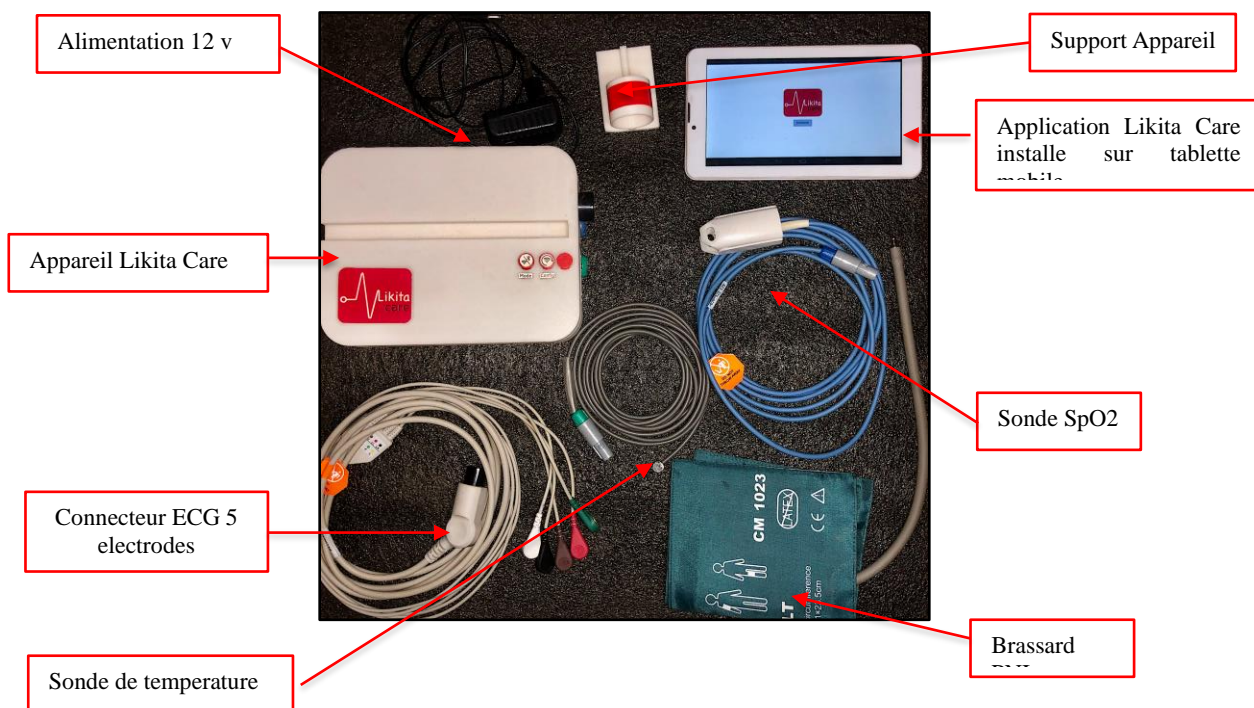


Fig. 6. L'appareil LIKITA CARE et ses câbles

4 DISCUSSION

Cette étude vise à décrire la conception, la fabrication et l'assemblage d'un nouveau moniteur multiparamétrique, connecté, dénommé LIKITA CARE® par l'entreprise YAYI MAKE Niger. C'est la première fois qu'une entreprise locale conçoit un appareil de mesures des constantes physiologiques de patients et qui sera destiné aux structures de santé.

Sa conception est basée sur l'assemblage de deux parties: Une partie matérielle à savoir le circuit électrique et le boîtier à une partie logicielle. Des tests sont réalisés à toutes les étapes pour assurer un fonctionnement optimal de l'appareil: Le placement des composants électroniques, la soudure de ses composants et les algorithmes intégrés sont d'un niveau avancé pour assurer des mesures fiables et très précises.

L'appareil YAYI MAKE® est un moniteur qui a de nombreux avantages: (1) Il permet de mesurer grâce à un seul appareil l'essentiel des constantes physiologiques des patients que sont: la température corporelle, la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, la tension artérielle, l'électrocardiogramme et la saturation en oxygène. A ce titre, il soulage le lourd fardeau du travail des agents de santé et réduit les risques d'erreur professionnelle. (2) Il permet aussi de surveiller plusieurs patients hospitalisés grâce à une seule plateforme web: En effet, LIKITA CARE® peut être connecté au réseau internet local ou utiliser la communication sans fil à savoir le Bluetooth ou le Wifi pour envoyer des données de plusieurs patients sur une seule tablette androïde du médecin de garde ou sur une seule plateforme de surveillance du médecin général. (3) LIKITA CARE® est facile à installer, facile à utiliser, transportable, peu coûteux. Il permet une télésurveillance et réduit les risques de contamination microbologique. Des crises sanitaires comme celle d'ébola et de la COVID 19 exposent les agents de santé à la contamination lors des examens cliniques, des traitements et de suivi des patients. (4) En termes d'organisation du travail, LIKITA CARE® permet de mémoriser toutes les données enregistrées des patients et de les documenter pour constituer les dossiers patients. Ainsi, il améliore la qualité du travail et le rendement. (5) Enfin, en termes de fabrication et de maintenance qui constituent des problèmes épineux dans nos hôpitaux, l'appareil LIKITA CARE® offre des avantages de production locale et de maintenance car les concepteurs sont des ingénieurs locaux. Pour tous, ces avantages le LIKITA CARE® est une nouvelle génération de moniteur qui trouveront certainement une place privilégiée dans les hôpitaux Africains.

L'étape suivante de cette innovation technologique de l'entreprise YAYI-MAKE est de comparer l'efficacité de cet appareil à celle des autres appareils de mesure que l'on trouve dans les structures de santé de nos pays.

La seule limitation de l'appareil LIKITA CARE® est sa dépendance d'une alimentation du secteur. Il a une batterie qui a une autonomie de deux heures seulement. Il serait important d'ajouter à cette batterie, un système de source d'énergie solaire

pour lui assurer une autonomie permanente afin que des structures de santé périphériques comme les districts sanitaires et les centres de santé intégrés, qui sont au niveau de la base de la pyramide sanitaire, et qui ne sont pas électrifiés, puissent l'utiliser à tout moment.

Ce qui est sûr, cet appareil offre des avantages de productivité du personnel soignant et de production locale par rapport aux moniteurs importés, cela offre aussi des avantages en termes de maintenance et de réparation de l'appareil par l'entreprise YATI MAKE.

5 CONCLUSION

Le moniteur LIKITA CARE® est un excellent outil de diagnostic et de surveillance des patients, facile à manipuler et à reproduire localement. Le dispositif permet de mesurer simultanément six paramètres physiologiques et grâce à ses fonctionnalités de communication sans fil et à sa plateforme. Il permet une meilleure gestion hospitalière des patients et soulage le personnel soignant dans ses différentes tâches quotidiennes. Il serait important d'évaluer les performances de cet appareil en le comparant à d'autres moniteurs.

CONTRIBUTION

MKOS et OSG: ont développé le moniteur; BSAM: a collecté les données, MSZF a supervisé la collecte des données, EA, IML ont rédigé le protocole et rédigé le manuscrit.

FINANCEMENT

Cette étude a été financée par l'Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI).

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Professeur Sanoussi Samuela de l'Université Abdou Moumouni de Niamey de nous avoir conseillé à rédiger cet article.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent qu'il n'y pas de conflit d'intérêt.

REFERENCES

- [1] Mok WQ, Wang W, Liaw SY. Vital signs monitoring to detect patient deterioration: An integrative literature review. *Int J Nurs Pract.* mai 2015; 21 Suppl 2: 91-8.
- [2] Elliott M, Coventry A. Critical care: the eight vital signs of patient monitoring. *Br J Nurs Mark Allen Publ.* 24 juin 2012; 21 (10): 621-5.
- [3] Maier A, Sharp A, Vagapov Y. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. In: *2017 Internet Technologies and Applications (ITA).* 2017. p. 143-8.
- [4] Flutter (logiciel). In: Wikipédia [Internet]. 2023 [cité 14 sept 2023]. Disponible sur: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Flutter_\(logiciel\)&oldid=204990545](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Flutter_(logiciel)&oldid=204990545).