

Nouvelle application Android pour le télé-monitoring en temps réel des paramètres biologiques d'état de cicatrisation d'une peau humaine brûlée au deuxième degré

[New Android application for real-time remote monitoring of the biological parameters of the state of healing of human skin with second-degree burns]

Habiba¹, Jean Mbih², and Romuald Nzuku³

¹Laboratoire de Recherche en Génie Informatique et Automatique, Université de Douala, École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique, Douala, Cameroon

²Laboratoire de Recherche en Génie Informatique et Automatique, Université de Douala, École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique, Douala, Cameroon

³Hôpital de District de Deido, Douala, Cameroon

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: This paper focuses on the design and implementation of a new *Android biomedical application*. It is usable for remote monitoring on smartphone, and can acquire and remote monitoring at real time a total of 4 biologic state parameters, of the 2nd degree *burned skin* of patients. The local digital acquisition of these parameters is done by a new custom local biomedical instrument developed and well tested in our previous research works. The proposed Android application is built within *App Inventor framework*, which is an Android application development tool without high level programming requirements, and offering to developers' facilities for creating interactive graphical interfaces, as well as intuitive associated edition blocks. The proposed biomedical application offers to users a convivial man user interface, as well as a rich menu system involving the lists of the following biomedical functionalities: doctors, *biological parameters*, patients and medical prescriptions in distress cases.

KEYWORDS: Android application, burned skin, Android biomedical application, smartphone monitoring, App Inventor, biomedical functionalities, biological parameters.

RESUME: Cet article porte sur la conception et l'implémentation d'une nouvelle *application biomédicale Android*. Elle est utilisable pour le *monitoring sur smartphone distant*, et peut acquérir en temps réel avec monitoring un total de 4 paramètres biologiques d'état de cicatrisation de la *peau brûlée* au 2^e degré des patients. L'acquisition numérique locale de ces paramètres est assurée par un nouvel *instrument biomédical* propriétaire, développé et bien testé dans le cadre de nos travaux de recherche antérieurs. L'application Android proposé est construite dans la plateforme *App Inventor*, qui est un outil de développement d'application Android sans exigence de programmation de bas niveau, et offrant des facilités de création d'interfaces graphiques interactives ainsi que des blocs d'édition intuitifs. L'application d'instrumentation biomédicale proposée, offre aux utilisateurs une interface homme-machine conviviale, ainsi qu'un riche système de menu, contenant les listes de *fonctionnalités biomédicales* suivantes: docteurs, paramètres *biologiques*, patients et prescriptions médicales en cas de détresses.

MOTS-CLEFS: Application Android, peau brûlée, application biomédicale Android, monitoring sur smartphone, App Inventor, fonctionnalités biomédicales, paramètres biologiques.

1 INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, Internet et la téléphonie mobile ont profondément transformé nos modes de communication. Le secteur de la santé s'est saisi des nouvelles techniques tant du côté des professionnels de santé, que de celui des usagers. La téléphonie mobile via les applications et les objets connectés permettent de mieux suivre et de partager facilement ses données. La santé, autrefois réservée au milieu médical [1]. C'est ainsi que la santé mobile a révolutionné les pratiques médicales et de santé publique grâce aux dispositifs mobiles tels que les téléphones portables, les systèmes de surveillance des patients, ainsi que les assistants numériques personnels utilisant des technologies WIFI, Bluetooth voir BLE [2]. Cela englobe également les applications mobiles concernant le mode de vie, le monitoring des paramètres biologiques et le bien-être qui peuvent se connecter à des dispositifs médicaux ou capteurs (bracelets, montres, dispositif smart-textile), ainsi que les systèmes de conseil personnalisés, les informations de santé et rappels de prise de médicament envoyés par SMS et la télémédecine pratiquée par communication sans fil [3, 4].

Par ailleurs, la surveillance des paramètres biologiques humains à l'aide d'appareils mobiles Android, est devenue un domaine de recherche de plus en plus attrayant, faisant appel aux préoccupations de santé et de bien-être général du grand public [5, 6]. C'est ainsi qu'il existe de nos jours plusieurs dispositifs technologiques de surveillance en continu de la fréquence cardiaque [7, 8]. Cependant, aucun de ces dispositifs ne permet de suivre en continu l'ensemble des données biologiques requises, pour les soins conformes des victimes de brûlures graves dans les structures hospitalières. Ainsi, le monitoring de l'ensemble des paramètres biologiques des patients, demeure un sérieux problème de gestion de la logistique et de la durée des soins applicables des patients brûlés au 2^e degré. Face au manque dans les structures hospitalières de dispositifs d'instrumentation biomédicale pour patients grièvement blessés, un instrument numérique biomédical propriétaire assisté par micro-chip ESP32, a été récemment conçu et prototypé [9]. Rappelons que les quatre paramètres biologiques cibles assignés à cet instrument pour patients brûlés au 2^e degré sont: fréquence cardiaque, profondeur de la brûlure, étendue de la brûlure et humidité et température. Cependant, cet instrument est un dispositif électronique d'*instrumentation locale* muni d'une cible de *monitoring LCD*. Ces limitations opérationnelles ont motivé le besoin de son extension dans le cadre d'un nouveau projet d'instrumentation mobile Android, en vue d'une gestion en temps réel des quatre fonctionnalités biomédicales prévues, à partir d'un terminal smartphone.

Cet article porte sur une application Android de monitoring à distance de quatre importants paramètres biologiques d'état de cicatrisation d'une personne victime de brûlure de 2nd degré. Il s'agit donc d'une extension. Évidemment, l'ensemble du dispositif constitué de l'instrument numérique local de base et de l'application mobile Android initié pour les besoins de télé-instrumentation à distance, constitue un précieux nouveau télé-instrument à vocation future pleinement IoT (Internet of Things). Les sections suivantes de cet article sont organisées comme suit: Dans la section 2, les outils et méthodes de création et de mise en œuvre de cette application biomédicale Android sont présentés. Ensuite, la section 3 présente les résultats d'essais obtenus, suivie la section 4 portant sur la conclusion de l'article.

2 OUTILS ET MÉTHODES

2.1 SCHÉMA BLOC

La Fig. 1 illustre le schéma bloc du système de communication WIFI entre le patient brûlé au second degré et l'opérateur terminal de l'application Android à développer, via l'instrument local d'acquisition numérique des paramètres biologiques requis du patient. On peut bien observer sur ce schéma plusieurs blocs opérationnels qui font partie de l'architecture du nouveau dispositif d'ensemble d'instrumentation médicale mobile Android.

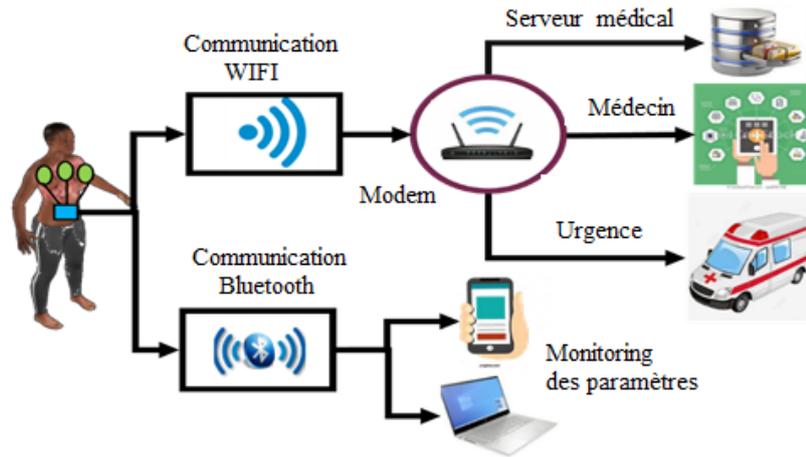


Fig. 1. Schéma de l'architecture de communication

2.2 CONCEPTION EN UML DE NOTRE APPLICATION

Dans le but de modéliser notre application, nous avons utilisé trois diagrammes UML: le diagramme de cas d'utilisation, le diagramme de séquence et le diagramme de classes.

2.2.1 DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION

Les diagrammes de cas d'utilisation (DCU) sont des diagrammes UML utilisés pour une représentation du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Ils sont utiles pour des présentations auprès de la direction ou des acteurs d'un projet, mais pour le développement, logiciel les cas d'utilisation sont plus appropriés. L'utilisateur peut être toute personne propriétaire d'un téléphone doté du système d'exploitation Android. L'application propose trois activités: l'identification de l'utilisateur, inscription des coordonnées du patient, et la réception des paramètres biologique. La figure 2 présente le diagramme de cas d'utilisation relative notre application:

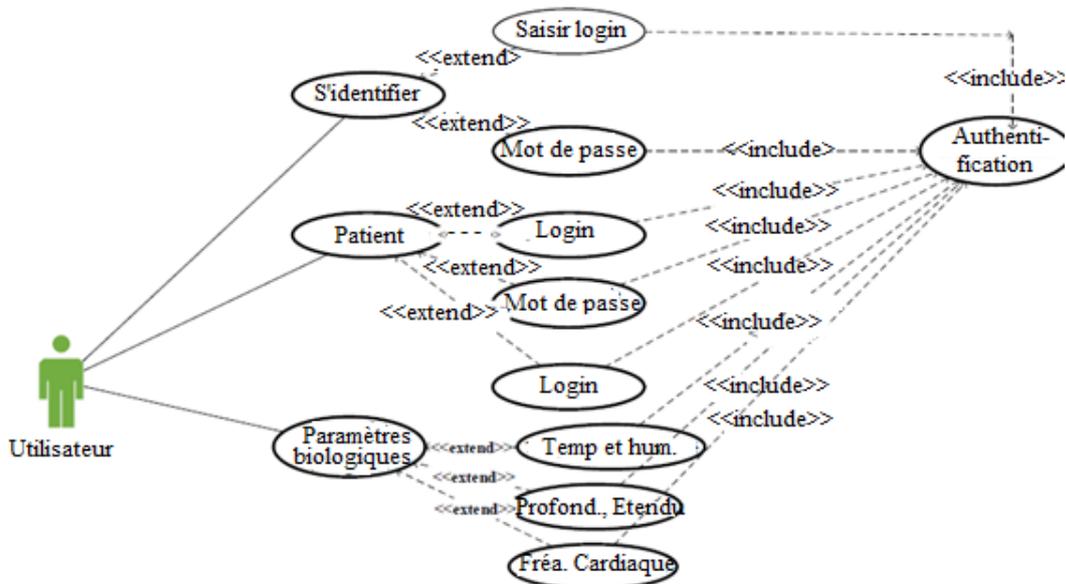


Fig. 2. Diagramme de cas d'utilisation de l'application android

2.2.2 DIAGRAMME DE SÉQUENCE

Le diagramme de séquence permet de montrer les interactions d'objets dans le cadre d'un scénario d'un Diagramme des cas d'utilisation. Dans un souci de simplification, on représente l'acteur principal à gauche du diagramme, et les acteurs secondaires éventuels à droite du système. Le but étant de décrire comment se déroulent les actions entre les acteurs ou objets les différents diagrammes de séquence de notre application sont présentés ci-dessous.

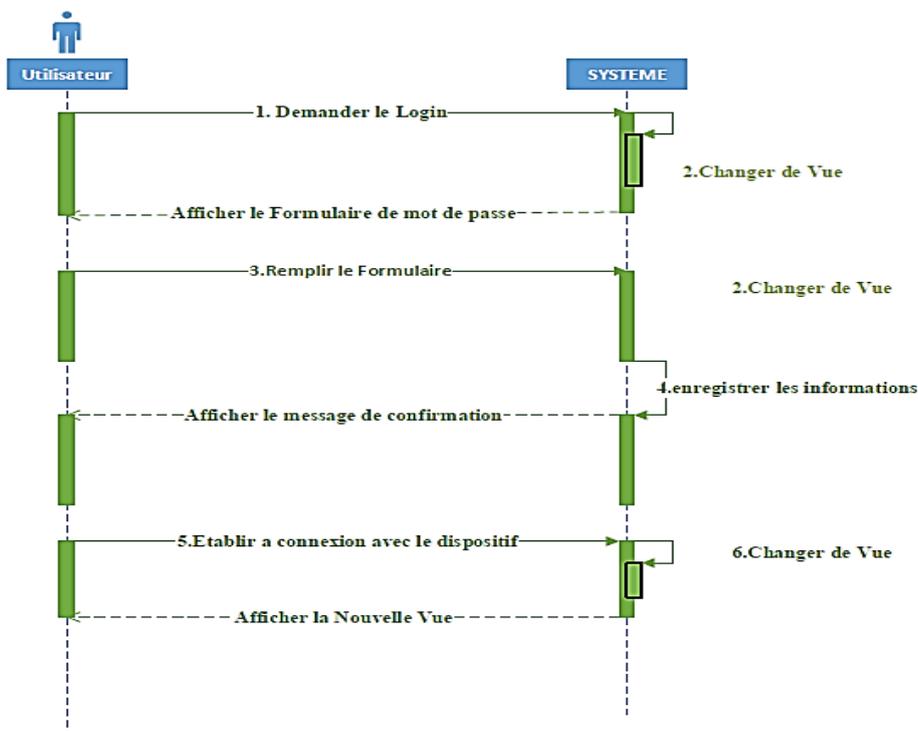


Fig. 3. Diagramme de séquence de connexion à l'application

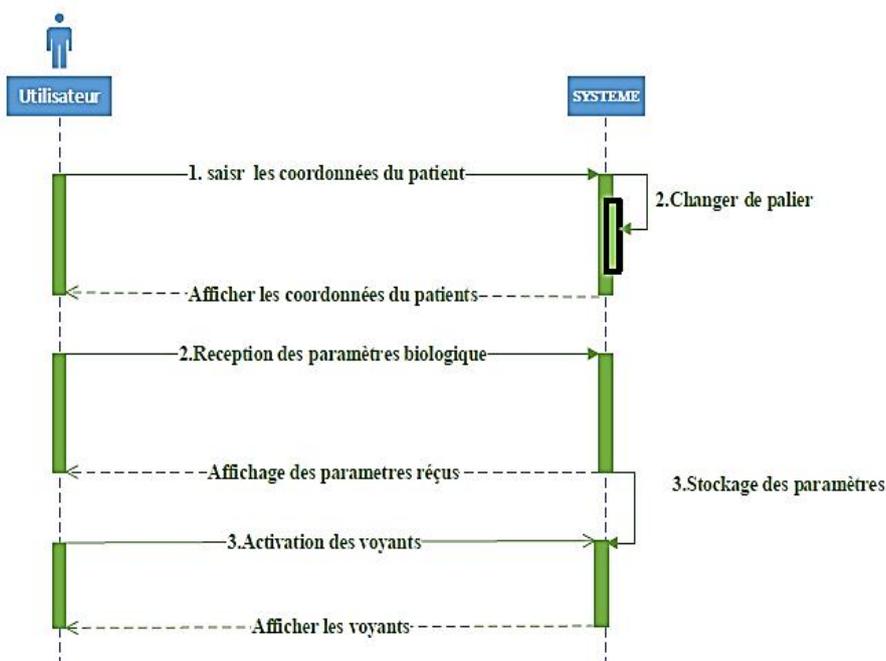


Fig. 4. Diagramme de séquence de l'acquisition des coordonnées et paramètres biologiques du patient

2.2.3 DIAGRAMME DE CLASSE

Le diagramme de classes est un schéma utilisé en génie logiciel pour présenter les classes et les interfaces des systèmes ainsi que leurs relations. Ce diagramme fait partie de la partie statique d'UML, ne s'intéressant pas aux aspects temporels et dynamiques.

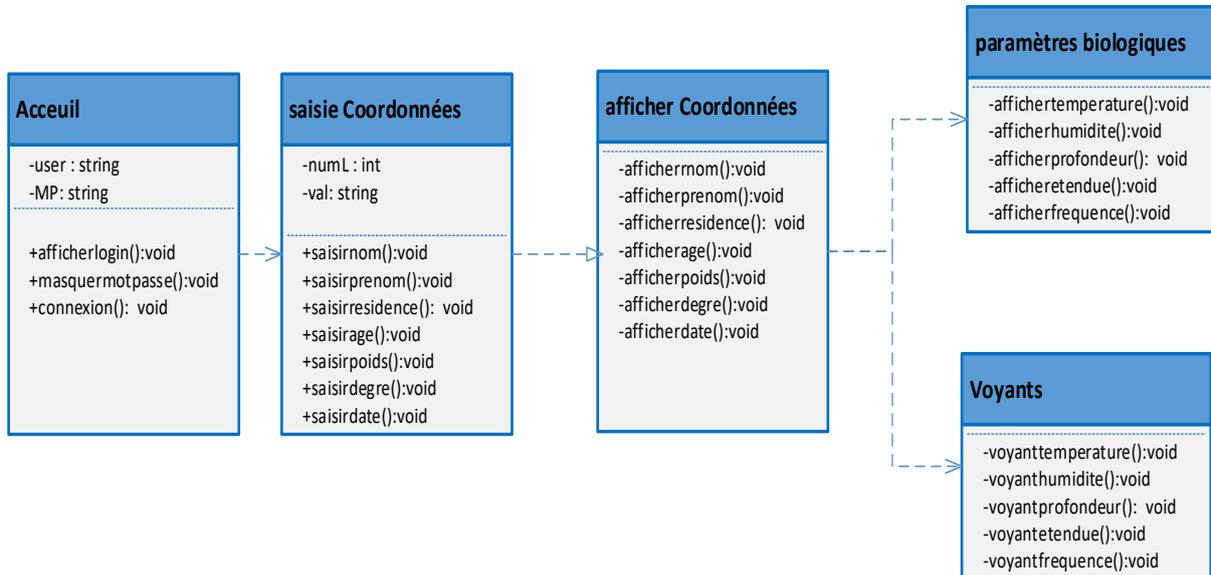


Fig. 5. Diagramme de classe de notre application

2.3 SUPPORT DE COMMUNICATION SANS FIL

La transmission sans fil est un mode de communication à distance des ondes électromagnétiques modulées comme vecteur avec celles-ci, les distances peuvent être courtes [10]. Les applications les plus courantes de la transmission sans fil incluent les téléphones portables, les GPS, les souris et les claviers d'ordinateur, les réseaux informatiques étendus (les WAN), les casques audio, les récepteurs radio et la télévision par satellite [11]. Il existe plusieurs mode de communication sans fil pour le carde de cet article, nous utiliserons les plus connus le Bluetooth et le WIFI: Le Bluetooth est une norme de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à courte distance en utilisant des ondes radio UHF sur la bande de fréquence de 2,4 GHz. Son but est de simplifier les connexions entre les appareils électroniques à proximité en supprimant des liaisons filaires. Elle peut remplacer par exemple les câbles entre ordinateurs, tablettes, haut-parleurs, téléphones mobiles entre eux ou avec des imprimantes, scanners, claviers, souris, manettes de jeu vidéo, téléphones portables, assistants personnels, systèmes avec mains libres pour microphones ou écouteurs, autoradios, appareils photo numériques, lecteurs de code-barres et bornes publicitaires interactives [12]. Le Wi-Fi est un ensemble de protocoles de communication sans fil régis par les normes du groupe IEEE 802.11 (ISO/CEI 8802-11). Un réseau Wi-Fi permet de relier par ondes radio plusieurs appareils informatiques (ordinateurs, routeur, smartphone; modem; internet, etc.) Au sein d'un réseau informatique afin de permettre la transmission de données entre eux [12]. Le tableau 1 présente une comparaison entre ces deux types supports de communications.

Tableau 1. Comparaison entre le Bluetooth et le WIFI

Éléments	Bluetooth	WIFI
Plages de fréquences	2.4 GHz et 2.48 GHz	2.4 GHz et 5 GHz
Consommation d'énergie	Faible	Élevé
Sécurité	Moins sécurisé	Sécurité meilleurs
Portée	15 mètres	100mètres
Facilité d'utilisation	Assez simple à utiliser	Complexe
Bande passante	Faible	Élevé
Techniques de modulation	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)	OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

2.4 MISE EN ŒUVRE DE L'APPLICATION ANDROÏDE PROPOSE

Avec Bluetooth Low Energy et le WIFI, la communication est répartie en partie: le serveur ESP32 et le client qui est l'application Androïde. L'ESP32 peut agir soit en tant que client, soit en tant que serveur. Le serveur annonce son existence, afin qu'il puisse être trouvé par d'autres appareils et contient des données que le client peut lire. Le client analyse les appareils à proximité et lorsqu'il trouve le serveur qu'il recherche, il établit une connexion et écoute les données entrantes. C'est ce qu'on appelle la communication point à point. Dans le tableau 2 présente les différentes librairie et accessoires logiciels qui nous ont permis de concevoir l'application côté serveur et clients.

Tableau 2. Logiciels utilisés pour la construction de l'application mobile

N°	Éléments	Descriptions
1	Serial Bluetooth Terminal	Cette bibliothèque vous donne accès à un port série Bluetooth sur les appareils Android dotés de Bluetooth. Il est structuré à l'aide de l'API de la bibliothèque Serial de Processing, de sorte que ceux qui connaissent Serial devraient pouvoir faire les mêmes choses qu'avec Serial.
2	arduino-esp32/gh-pages/package_esp32_index.json	Ce package permet de configurer l'environnement de développement arduino pour qu'elle puisse reconnaître l'ESP32 afin de la programmer
3	MIT App Inventor	C'est un logiciel de développement d'applications créé par Google, pour pallier la difficulté d'utilisation d'Android Studio par des débutants. Il est actuellement entretenu par le Massachusetts Institute of Technology (MIT). Il simplifie le développement des applications sous Android et le rend accessible même pour les novices et ceux qui ne sont pas familiers avec les langages de programmation. Il est basé sur une interface graphique similaire à Scratch et à celle de Star Logo TNG (en)

La figure 6 présente l'échantillon de copie d'écran de MIT App Inventor, qui ressort un aspect de la phase de développement de l'interface utilisateur et de la fenêtre du block fonctionnel associé à un objet actif de cette interface.

```

initialise global password à "comeille"

quand valider .Clic
faire
  si Zone_texte_mot_de_passe1 . Texte = obtenir global password
  alors ouvre un autre écran Nom écran menu

quand EXIT .Enfoncé
faire fermer l'application

quand SORTIE .Enfoncé
faire fermer l'écran

quand SPECIALISTES .Enfoncé
faire ouvre un autre écran Nom écran SPECIALISTES

quand PARAMETRES .Enfoncé
faire ouvre un autre écran Nom écran PARAMETRES_BIO

quand MEDICATIONS .Enfoncé
faire ouvre un autre écran Nom écran Medication_1

quand MONITORING .Enfoncé
faire ouvre un autre écran Nom écran Monitoring

quand Sélectionneur_de_liste1 .Avant prise
faire mettre Sélectionneur_de_liste1 . Éléments à Client_Bluetooth1 . Adresses et noms

quand Sélectionneur_de_liste1 .Après prise
faire
  mettre Sélectionneur_de_liste1 . Sélection à appeler Client_Bluetooth1 .Se connecter
  adresse Sélectionneur_de_liste1 . Sélection
  si Client_Bluetooth1 . Est connecté
  alors
    appeler Texte_à_parole1 .Parler
    message "connect"
    mettre Sélectionneur_de_liste1 . Visible à faux
    mettre Bouton_DISCONNECT . Visible à vrai

quand Bouton_DISCONNECT .Clic
faire
  appeler Client_Bluetooth1 .Déconnecter
  appeler Texte_à_parole1 .Parler
  message "Disconnect"
  mettre Sélectionneur_de_liste1 . Visible à vrai
  mettre Bouton_DISCONNECT . Visible à faux
  
```

Fig. 6. Échantillon de copie d'écran d'App Inventor

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Notre application est développée de façon incrémentale et itérative ce qui nous a permis d'avoir les figures 7 et 8.



Fig. 7. (a) Interface d'authentification, (b) Menu, (c) liste des spécialistes

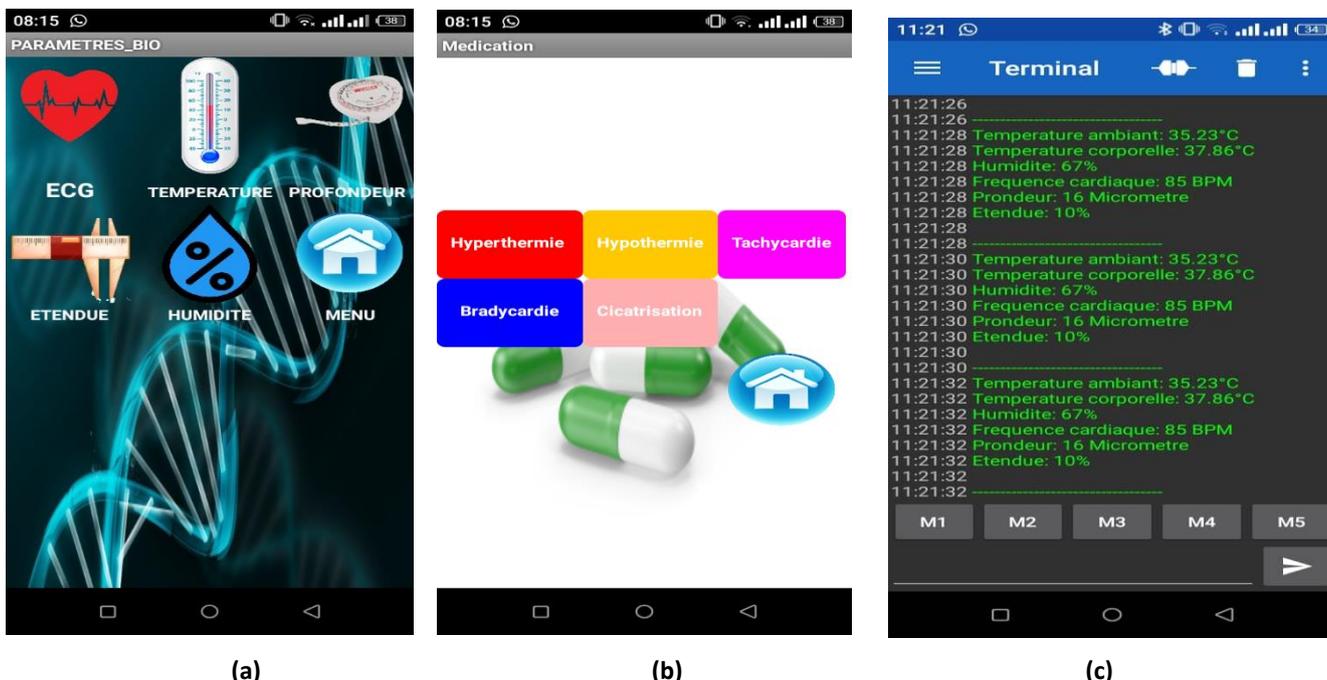


Fig. 8. (a) Interface des Paramètres biologiques, (b) Interface de médication, (c) Interface de réception des paramètres biologique

La signalisation de détresse permet ici de notifier l'utilisateur, en cas d'une anomalie thermique, arythmie cardiaque; auquel cas le système déclenchera une alarme sonore. Il est annoté que lors d'une détresse les alarmes sur le dispositif et dans l'application seront mises en marche de façon synchrone, selon la distance entre l'utilisateur et le dispositif il aura l'opportunité de pouvoir choisir le canal de communication c'est-à-dire le Bluetooth où le WIFI. Étant donnée la sensibilité des paramètres biologiques, nous avons opté pour la sécurisation de des paramètres en question une restriction sur de l'accès à Internet. De ce fait, l'utilisation de l'application ne pourra pas être effective a dans un rayon de 100m pour une utilisation en mode WIFI et 15m pour le Bluetooth.

4 CONCLUSION

Cet article est la première confirmation expérimentale de la faisabilité et de la qualité sur l'application androïde de monitoring à distance des paramètres biologiques d'état de cicatrisation d'une peau humaine brûlée au deuxième degré les résultats ont été obtenus après conception de l'application. Il s'agit donc d'une nouvelle approche efficace, techniquement et technologiquement orientée vers la mise en œuvre pour l'évolution de la télémédecine. Pour y parvenir, il serait nécessaire de déterminer expérimentalement l'évolution biologique de la cicatrisation des plaies, ce serait aussi passionnant, dans le cadre de projets de recherche plus ambitieux d'implémenter. Dans ce nouvel instrument les d'interprétation biomédicales des paramètres prédiction des pathologies en temps réel, des données issues du patient ceci grâce à l'intelligence artificielle.

REFERENCES

- [1] Scala B. E-santé: La médecine à l'ère du numérique. Sciences et santé, 2016, n°29, pp. 22-33.
En ligne: http://www.inserm.fr/mediatheque/infr-grand-public/fichiers/science-sante/ss29_janvier_fevrier_2016.
- [2] OMS. «m-Health - New horizons for health through mobile technologies», Global Observatory for eHealth series, 2011, vol. 3, p. 6. En ligne: http://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf
- [3] WEKA. Les objets connectés au service de la prévention de la santé. Saint-Denis: EditionsWeka, 2015.
En ligne: <http://www.weka.fr/actualite/sante/article/les-objets-connectes-au-service-de-la-prevention-de-la-sante/>.
- [4] CNOM. Santé connectée. De la e-santé à la santé connectée. Le Livre Blanc du Conseil national de l'Ordre des médecins. Paris: CNOM, 2015, p. 9.
En ligne: <https://www.conseil-national.medecin.fr/sites/default/files/medecins-sante-connectee.pdf>
- [5] Brice L., Croutte P., Jauneau-Cottet P., Lautié S. Baromètre du numérique. Paris: Crédoc, 2015, 170 p.
En ligne: <http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R325.pdf>
- [6] Richard J-B. Quelle utilisation internet dans la recherche d'informations santé ? Communication présentée aux 10èmes Journées de la prévention de la santé publique 2015, Paris, France.
- [7] Haute Autorité de santé. Référentiel de bonnes pratiques sur les applications et les objets connectés (Mobile Health ou mHealth). Saint-Denis: HAS, 2016, 59 p.
- [8] Marchand G., Yasini M. Conception et développement d'application de santé mobile: guide de bonnes pratiques. Reims: DMD santé, 2016, 28 p.
- [9] Habiba, Mbihi J. and Nzuku R., «Etude d'un instrument biomédical assisté par ESP32 d'acquisition numérique et monitoring des paramètres biologique d'état de cicatrisation d'une peau humaine brûlée au deuxième degré.» International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol 56, No. 1, pp. 15-27, August 2021.
- [10] Albert Vasseur, De la TSF à l'électronique, Éditions techniques et scientifiques françaises, Paris, 1975.
- [11] Clayton, P.R. Analysis of Multiconductor Transmission Lines; Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2008.
- [12] La norme wifi 802.11n est finalisée depuis le 11 septembre 2009 par l'IEEE: (en) IEEE standard association: News [archive].Les versions précédentes peuvent, dans certains cas être mises à jour par changement du firmware.

BIOGRAPHIE DES AUTEURS

HABIBA: Assistante au département d'Industrie Textile de l'Habillement à l'ENSET de l'Université de Douala. Elle est actuellement doctorante finissante au laboratoire de génie informatique et automatique parcours type. La thématique de cet article est issue des récents travaux de rédaction de sa thèse de Doctorat/PhD. Elle a contribué à l'établissement des schémas conceptuels orientés UML, de la nouvelle application Android présentée dans cet article. En outre, sa participation aux travaux logistiques de mise en œuvre et d'essais expérimentaux de l'application mobile présentée ici, a été très active. Par ailleurs, Habiba a été 1^e auteur d'un article récemment publié, sur le modèle de base d'instrument biomédical assisté par ESP32 pour patients brûlés au 2^e degré. Enfin, Habiba est la spécialiste de l'étude en cours, d'un vêtement électronique-textile à base sparte de maïs, destiné à l'habillement intelligent dans les centres hospitaliers des patients brûlés au 2^e degré.

Jean MBIHI: Professeur Titulaire d'Université, est coordonnateur du Laboratoire de Recherche en Génie Informatique et Automatique, Coordonnateur de l'équipe de recherche en Électronique-Textile et de l'Habillement Informatique au sein dudit laboratoire, et Directeur Adjoint de l'ENSET de l'Université de Douala. Il est auteur de 80 articles scientifiques publiés. Il est aussi auteur de 06 ouvrages scientifiques publiés dont: 01 aux éditions *Publibook Universités* (Paris, 2005), 01 aux éditions *Ellipses* (Paris, 2012), 02 en français aux éditions *ISTE (2018, Londres)* et 02 (co-édition en anglais) aux éditions *Wiley and Sons* (2018, New Jersey). Par ailleurs il est membre de plusieurs sociétés scientifiques savantes, telles que *WASET* (World Academic of Science, Engineering and Technology), *IAENG* (International Association of Engineers), *RAIFFET* (Réseau Africain des Institutions de Formation des Formateurs de l'Enseignement Technique), *Research Gate*, *Google Play Store Community* et *Academia.Educ*. Dans le cadre de ce projet d'article, il a été superviseur à tous les stades d'évolution des travaux scientifiques présentés. Il a aussi expertisé en profondeur tous les rapports scientifiques demandés, relatifs aux phases de préparation et d'édition dudit article. Par ailleurs, ses recommandations après chaque expertise sur la forme et le fond ainsi que sur l'éthique scientifique, ont permis d'améliorer de manière très constructive l'ensemble du contenu de cet article.

Romuald NZUKU a contribué à l'élaboration du cahier de charge technique et fonctionnel sur le plan médical, il a apporté une contribution clinique sur le contrôle de façon autonome de la température du patient. Ce qui nous a permis de concevoir le système par lequel on parvient correctement à évaluer avec exactitude si un patient fait une hypothermie, s'il fait une hyperthermie aiguë ou si la température est normale; il a également contribué sur l'acquisition du système de gestion du stress, c'est-à-dire la gestion de l'activité cardiaque du patient cela s'est fait correctement et fonctionne très bien, car avec un avis d'un cardiologue (Dr BALLA MIKONDA cardiologue à l'hôpital le Jourdain de Yaoundé) nous avons testé notre système en sa présence et nous avons pu déceler une tachycardie et une bradycardie sur un patient interné dans cette clinique.