

Fiche Technique Détaillée : Partie Système Embarqué pour la Télémédecine et le Suivi à Distance

1. Objectif:

- Mesurer les données vitales : saturation en oxygène (SpO₂), fréquence cardiaque, température corporelle, glycémie, et pression artérielle.
 - Transmettre les données en **temps réel** à un serveur distant via **Wi-Fi** ou **GSM/4G**.
 - Offrir une interface utilisateur simple et intuitive adaptée à un public non médical.
 - Fonctionner dans des environnements à faibles ressources énergétiques, comme les zones rurales.
-

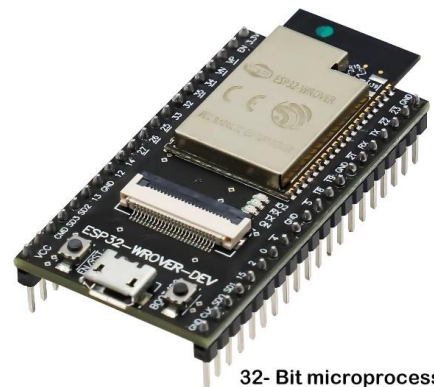
2. Architecture du Système :

- **Microcontrôleur central** : Gestion des capteurs, traitement des données, communication et interaction utilisateur.
 - **Capteurs médicaux** : Acquisition des données vitales.
 - **Modules de communication** : Transmission des données en temps réel.
 - **Interface utilisateur** : Affichage des mesures et navigation.
 - **Alimentation** : Batterie rechargeable, avec option d'énergie solaire.
-

3. Spécifications Matérielles :

****Microcontrôleur (MCU) : ESP32-WROVER**

- **Caractéristiques :**
 - Double cœur, fréquence jusqu'à 240 MHz.
 - 8 Mo de RAM intégrée.
 - Connectivité Wi-Fi et Bluetooth.
 - Interface riche : I2C, SPI, UART, GPIO.
- **Justification :**
 - Suffisamment puissant pour traiter les données des capteurs en temps réel.
 - Permet une communication sans fil avec le serveur distant.
 - Large support de développement et coût modéré.



32- Bit microprocessor
Frequency: 80 ~ 240 MHz
Flash: 4 MB
SRAM: 4 MB

Capteurs Médicaux :

1. Oxymètre de pouls : MAX30102

- **Mesures** : Saturation en oxygène (SpO_2) et fréquence cardiaque.
- **Interface** : I2C.



2. Thermomètre infrarouge : MLX90614

- **Mesures** : Température corporelle sans contact.
- **Interface** : I2C.



3. Glucomètre : Capteur enzymatique + ADS1115 (ADC)

- **Mesures** : Glycémie.
- **Interface** : ADC I2C.



4. Tensiomètre : MPX5050GP + Circuit de traitement

- **Mesures** : Pression artérielle.
- **Interface** : Analogique.



Modules de Communication :

1. **Wi-Fi intégré (ESP32) :**

- Communication directe avec des points d'accès disponibles.
- Transmission des données au serveur central.

2. **Module GSM/4G : SIM800L ou SIM7600**

- **Fonction** : Connectivité mobile pour les zones sans Wi-Fi.
- **Interface** : UART.
- **Justification** : Garantit une transmission même dans les zones reculées où seule la 3G/4G est disponible.

Interface Utilisateur (UI) :

1. **Écran tactile : TFT LCD 3.5" capacitif (SPI) :**

- **Affichage** : Résultats des mesures, options de navigation.
- **Justification** : Interface intuitive et moderne pour les utilisateurs.



2. **Boutons physiques :**

- Trois boutons (Menu, Validation, Retour,...).
- **Justification** : Redondance en cas de panne ou difficultés avec l'écran tactile.

Alimentation :

1. **Batterie lithium-ion rechargeable (5000 mAh) :**

- Autonomie prolongée (environ 24h d'utilisation).
- Recharge via USB-C.



6.5-6.8MM 2PIN



2. **Panneau solaire portable (optionnel) :**

- **Justification** : Permet une recharge durable dans les zones rurales avec accès limité à l'électricité.
-

4. **Logiciel Embarqué :**

Système d'Exploitation :

FreeRTOS (port ESP32)

- **Caractéristiques :**
 - Gestion multitâche pour le traitement des capteurs, la communication, et l'affichage.
 - Gestion des interruptions en temps réel pour des mesures précises.

Modules Logiciels :

1. **Acquisition des Données :**

- **Rôle** : Interroger les capteurs via leurs interfaces respectives (I2C, SPI, UART).
- **Traitement** : Calcul des valeurs exploitables, comme SpO₂ ou pression artérielle.

2. **Communication Réseau :**

- **Protocole** : MQTT ou HTTP(S).
- **Fonction** : Transmission des données au serveur distant.
- **Sécurité** : Cryptage AES-256 pour protéger les données médicales.

3. **Interface Utilisateur :**

- Gestion des menus et affichage des résultats sur écran.
- Alertes visuelles et sonores pour des valeurs hors normes.

4. **Mises à jour OTA :**

- Permet des mises à jour logicielles via Wi-Fi.
-

5. **Spécifications Fonctionnelles :**

Précision des Mesures :

- **Oxymètre de pouls** : $\pm 2\%$ (SpO₂), ± 3 bpm (fréquence cardiaque).

- **Thermomètre infrarouge** : ± 0.2 °C.
- **Glucomètre** : ± 5 % (mesure relative).
- **Tensiomètre** : ± 3 mmHg.

Temps Réel :

- Mesures disponibles en quelques secondes.
- Transmission instantanée au serveur distant via Wi-Fi ou GSM/4G.

Autonomie :

- 24 heures d'utilisation avec la batterie intégrée.
- Recharge rapide via USB-C en moins de 4 heures.

6. Contraintes et Solutions :

Contraintes	Solutions
Faible connectivité dans les zones rurales	Intégration d'un module GSM/4G avec antenne externe.
Conditions environnementales difficiles	Boîtier robuste en ABS médical, résistant à la chaleur et l'humidité.
Simplicité d'utilisation pour les non-médicaux	Interface intuitive avec icônes et instructions claires.
Fiabilité des données médicales	Calibration régulière des capteurs, algorithmes anti-bruit.

7. Plan de Développement :

Phase 1 : Analyse et Conception

- Collecter les exigences techniques et fonctionnelles avec les parties prenantes.
- Analyser la faisabilité technique (capteurs, modules de communication, énergie).
- Définir l'architecture système (matériel et logiciel).
- Sélectionner les composants matériels (microcontrôleur, capteurs, écran, alimentation).
- Rédiger les spécifications techniques détaillées.

[!important] Certaines **propositions** ont déjà été faites dans les sections précédentes, mais cette partie reste importante et il est possible de trouver de **meilleurs choix** après la collecte des **exigences** techniques et fonctionnelles.

Phase 2 : Prototypage Matériel

- Concevoir les schémas électroniques et le PCB (première version).
 - Assembler le prototype initial (microcontrôleur, capteurs, modules de communication).
 - Tester individuellement chaque capteur (oxymètre, thermomètre, glucomètre, tensiomètre).
 - Intégrer les modules de communication (Wi-Fi, GSM/4G) et tester leur connectivité.
 - Réaliser des tests unitaires de tous les composants matériels.
-

Phase 3 : Développement Logiciel Embarqué

- Développer les pilotes pour les capteurs (I2C, SPI, ADC).
 - Intégrer FreeRTOS et configurer le multitâche.
 - Implémenter les algorithmes de traitement des données (calcul SpO₂, etc.).
 - Développer les fonctionnalités de communication réseau (Wi-Fi, GSM/4G).
 - Configurer la sécurité réseau (protocole MQTT/HTTP avec cryptage).
 - Concevoir l'interface utilisateur pour l'écran tactile (menus, affichage des données).
 - Implémenter les mises à jour OTA (Over-the-Air).
 - Effectuer des tests fonctionnels sur l'ensemble matériel + logiciel.
-

Phase 4 : Validation et Optimisation

- Réaliser des tests d'intégration du système complet.
 - Vérifier la précision des capteurs dans des conditions réelles.
 - Tester la communication en temps réel avec un serveur distant.
 - Optimiser la consommation énergétique.
 - Effectuer des tests de robustesse dans des environnements variés (température, humidité).
-

Phase 5 : Industrialisation et Certification

- Collaborer avec un fabricant pour la production de prototypes industriels.
 - Effectuer les tests de conformité aux normes médicales (ISO 13485,...).
 - Ajuster les designs matériel et logiciel en fonction des retours des certifications.
 - Préparer la documentation technique pour la production.
-

Phase 6 : Déploiement Pilote

- Produire et distribuer 50 unités pour le pilote.
 - Installer les systèmes sur site et former les utilisateurs.
 - Superviser l'utilisation en conditions réelles (connectivité, mesures, autonomie).
 - Récolter les retours d'expérience des utilisateurs et des professionnels de santé.
 - Documenter les améliorations nécessaires.
-

Phase 7 : Production et Maintenance (Continu)

- Lancer la production en série à grande échelle.
- Mettre en place un service de support technique (maintenance, hotline).
- Gérer les mises à jour logicielles à distance.
- Réaliser un suivi des performances et collecter des données pour de futures améliorations.