

---

---

## Licence Sciences Et Techniques Génie Electrique

### Projet Fin D'études :

Intitulé :

**Conception et réalisation d'un réseau corporel sans fil (WBAN) pour la surveillance continue des paramètres Vitaux des patients**

Réalisé Par :

BOUJANANE RIDA

EL-FECHTALI ANAS

Encadré par :

M<sup>me</sup> ERRAHIMI FATIMA

Soutenu le 06-07-2021 devant le jury :

Pr ERRAHIMI FATIMA (FST FES)

Pr BOUHAREB ALI (FST FES)

---

---

## Dédicace

**A nos chers parents :** Ni nos dédicaces, ni nos remerciements ne pourront égaler vos sacrifices, vous nous avez soutenus moralement et surtout financement. Vous nous avez toujours encouragés pendant toute la période de nos études en répondant à nos exigences. Nous espérons que vous trouvez en nous votre source de fierté et de bonheur.

**A nos frères et nos sœurs :** Vous trouverez ici l'expression de nos respects et d'amour.

**A nos amis :** nous vous dédions ce rapport avec nos souhaits de réussite, de santé et de bonheur.

**A nos enseignants :** nos chers enseignants, nous avons pu durant notre formation profiter de vos enseignements clairs et précis.

Veillez trouver ici, l'expression de notre reconnaissance et notre grande estimation. Veuillez accepter ce modeste travail pour votre disponibilité et pour l'aide que vous nous avez accordé tout au long de notre projet de fin d'étude.

---

---

## **Remerciement**

Avant tous, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir aidés à porter ce travail à son terme.

Nous tenons à remercier, notre encadrante, qui a accepté de nous guider durant toute la période de réalisation de notre projet.

Nous remercions également le membre de jurys Monsieur BOUHAREB ALI d'avoir accepté d'évaluer et juger notre travail

Nous tenons à remercier l'équipe pédagogique de la faculté des sciences et techniques de Fès, et plus particulièrement le département génie Electrique. La richesse et le contenu de la formation que nous avons eue au sein de leurs établissements nous ont donné des outils puissants pour mener à bien le travail de notre propre projet.

---

---

# Sommaire

Introduction générale .....	1
Chapitre 1 : .....	2
Système de Surveillance de Patient .....	2
1 Introduction.....	2
2 Les réseaux de capteurs sans fil .....	2
2.1 Les domaines d'application : .....	2
3 Les réseaux de capteurs corporels sans fil : Wireless Body Area Networks (WBAN) .....	3
3.1 Les capteurs médicaux .....	3
4 Architecture de communication dans les systèmes WBAN .....	4
5 Protocoles de communications sans fil .....	6
6 Applications des WBAN dans le domaine médical.....	7
6.1 Avantages des systèmes WBAN dans le domaine médical .....	8
7 Les défis des réseaux WBAN .....	8
8 Les contraintes des réseaux WBAN.....	9
9 Conclusion .....	9
Chapitre 2 : .....	10
Architecture de Système de Surveillance proposé .....	10
1 Introduction.....	10
2 Contexte du travail .....	10
3 Architecture proposée .....	11
4 Matériel utilisé .....	12
4.1 La carte Arduino Mega .....	12
4.2 Les capteurs utilisés.....	13
4.2.1 AD8232 .....	13
4.2.2 Sonde de température étanche ds18b20.....	14
4.3 ESP8266 module Wifi .....	15
5 Thingspeak .....	16
6 Conclusion .....	16
Chapitre 3 : .....	17
Conception et Réalisation pratique.....	17
1 Introduction.....	17
2 Connexion des capteurs Avec Arduino.....	17

---

---

3	Résultats de chaque capteur .....	17
3.1	Capteur de température corporel ds18b20.....	18
3.2	Capteur de battement de cœur.....	18
4	L'envoi des données au serveur Thingspeak.....	18
4.1	Connexion de Esp8266 avec Arduino .....	19
4.2	Envoi des données des capteurs .....	19
5	Affichage des résultats dans les champs des canaux.....	20
6	Organisation de travail par RTOS .....	20
6.1	Contexe.....	20
6.2	Les états des tâches FreeRTOS .....	21
6.3	Principe de fonctionnement de FreeRTOS .....	21
6.4	Utilisation de FreeRTOS.....	22
7	Conclusion .....	23
	Conclusion générale .....	24
	Bibliographie .....	25

---

---

## Liste des Figures :

Figure 1:Architecture générale des communications dans un système WBAN. ....	5
Figure 2: Architecture proposée .....	11
Figure 3:La carte Arduino Mega 2560.....	13
Figure 4:Le capteur AD8232 .....	14
Figure 5:Le capteur de température DS18B20 .....	14
Figure 6:La carte Wifi ESP8266.....	15
Figure 7:La plateforme Thingspeak.....	16
Figure 8:Connexion d'Arduino avec les capteurs .....	17
Figure 9:Résultat de la température dans le Moniteur Serial de Arduino IDE .....	18
Figure 10:le graphe de battement de cœur .....	18
Figure 11: la vérification de la connexion de ESP8266 .....	19
Figure 12: le API key de la chaine.....	19
Figure 13:les résultats sur le serveur thingspeak.....	20
Figure 14:Principe de fonctionnement de FreeRTOS.....	22

## Liste des Tableaux :

Tableau 1:le branchement de ESP8266 avec Arduino MEGA .....	19
---	----

---

---

# Introduction générale

L'un des défis majeurs du monde est l'augmentation de la population des personnes âgées. D'où la nécessité de fournir des soins de qualité à une population en croissance rapide, tout en réduisant les coûts des soins de santé. Dans ce contexte, de nombreux travaux de recherche portent sur l'utilisation des réseaux de capteurs sans fil dans les systèmes WBAN (Wireless Body Area Network), pour faciliter et améliorer la qualité du soin et de surveillance.

Le déploiement de plusieurs capteurs sur le corps humain, en vue de collecter des données physiologiques (température, pression artérielle, rythme cardiaque, etc.) et les transmettre d'une manière autonome vers un ou plusieurs points de collecte, forme un réseau corporel de capteurs sans fil, (WBAN).

Dans ce travail, nous allons proposer un système de surveillance de l'état de santé des patients en temps réel en utilisant un réseau corporel sans fil WBAN.

Un système de surveillance agissant comme un superviseur, capable de suivre instantanément les signaux vitaux des patients comme la pression artérielle, l'état de ses muscles, la température corporelle et la fréquence cardiaque.

Nous avons réparti ce mémoire en trois chapitres:

Le premier est consacré à une description générale des réseaux de capteurs sans fil, avec une présentation des réseaux WBAN en termes de types, caractéristiques, normes, composants impliqués et leurs applications dans la médecine.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des différents composants nécessaires à la conception de ce système de surveillance.

La Conception et la réalisation de projet fera l'objet du troisième chapitre. Nous présenterons les différentes étapes à suivre afin d'avoir un système fonctionnel. De plus, nous allons mettre en évidence les différents tests et les résultats obtenus. Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion et une bibliographie.

---

---

## Chapitre 1 :

# Systeme de Surveillance de Patient

## 1 Introduction

Au cours des dernières années et grâce à l'avancée des systèmes embarqués et des technologies sans fil, les Réseaux de Capteurs Sans Fil sont de plus en plus utilisés dans de nombreux domaines. Parmi ces domaines, les applications médicales.

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu général sur les Réseaux de Capteurs Sans Fil tout en mettant l'accent sur les systèmes WBAN et leurs caractéristiques. Nous présentons aussi les types des capteurs médicaux, l'architecture et le protocole de communication dans les systèmes WBAN, ainsi que les différentes applications et les avantages de WBAN dans le domaine médical en plus des défis et contraintes pour les réseaux WBAN.

## 2 Les réseaux de capteurs sans fil

La technologie de communication sans fil repose sur les réseaux sans fil. Un réseau sans fil (Wireless Network) est un réseau dans lequel au moins deux terminaux peuvent communiquer sans liaison filaire.

Un réseau de capteurs est constitué d'un grand nombre de nœuds appelés nœuds capteurs ou tout simplement capteurs, permettant de capter et collecter des informations, d'analyser les traitements et de transmettre les informations recueillies dans différents environnements. Ces nœuds peuvent avoir des positions particulières ou bien être déployés aléatoirement pour surveiller l'environnement, L'écoulement des données se termine vers des nœuds spéciaux appelés nœuds-puits ou stations de base (sink). Ces nœuds-puits sont des bases de contrôle qui possèdent plus de ressources matérielles et permettent de collecter et stocker les informations issues des capteurs.

### 2.1 Les domaines d'application :

- Applications militaires.
- Surveillance de l'environnement.
- Surveillance des écosystèmes.



- 
- 
- Contrôle du climat local des grands bâtiments.
  - Prévention des catastrophes et les secours.

### **3 Les réseaux de capteurs corporels sans fil : Wireless Body Area Networks (WBAN)**

Un réseau de capteurs corporels sans fil est un réseau constitué de mini-capteurs portables ou implantés dans le corps humain. Chaque nœud capteur est généralement capable de détecter une ou plusieurs caractéristiques physiologiques à partir du corps humain ou de son environnement. Le nœud capteur stocke puis transmet les données mesurées par l'intermédiaire d'un réseau sans fil à un dispositif de traitement central connu sous le nom de serveur personnel. Les WBANs ont plus d'exigences en termes de sécurité et de miniaturisation des capteurs, [1].

#### **3.1 Les capteurs médicaux**

Un capteur est un dispositif ayant pour tâche de transformer une mesure physique observée en une mesure généralement électrique qui sera à son tour traduite en une donnée binaire exploitable et compréhensible pour un système d'information.

Un capteur médical se constitue d'un capteur équipé d'un circuit électronique spécifique capable de mesurer un ou plusieurs paramètres physiologiques ; Plusieurs types de capteurs médicaux, utilisés dans la médecine sont disponibles dans le commerce.

- **Accéléromètre et Gyroscope :** L'accéléromètre est utilisé pour reconnaître et surveiller la posture du corps. Le Gyroscope est utilisé pour la mesure ou le maintien de l'orientation et peut être utilisé conjointement avec des accéléromètres pour la surveillance des mouvements physiques.
- **Capteur de Glycémie:** Il est utilisé pour mesurer la concentration de glucose dans le sang.
- **Capteur de tension artérielle:** Le capteur de tension artérielle est un capteur conçu pour mesurer les pressions systolique et diastolique du sang humain, en utilisant la technique oscillométrique.
- **Détecteur de gaz CO<sub>2</sub>:** Il mesure le niveau de dioxyde de carbone gazeux pour surveiller les changements dans le niveau du CO<sub>2</sub>, ainsi que pour surveiller la concentration d'oxygène lors de la respiration humaine.
- **Capteur ECG:** L'Electrocardiographie est une méthode qui mesure les signaux électriques produits par le cœur. Il permet d'évaluer l'activité cardiaque en interceptant

---

---

l'activité électrique qui provient du muscle cardiaque. Il permet de mettre en évidence diverses anomalies cardiaques.

- **Capteur EEG:** L'électro-encéphalographie (EEG) est une méthode d'exploration cérébrale qui mesure l'activité électrique du cerveau par des électrodes placées sur le cuir chevelu.
- **Capteur EMG:** L'électromyogramme est un examen qui permet d'enregistrer l'activité électrique d'un muscle ou d'un nerf. Le capteur EMG mesure les signaux électriques produits par les muscles pendant la contraction ou pendant le repos. Il permet de détecter les atteintes nerveuses périphériques et les atteintes des muscles.
- **Capteur Oxymétrie de pouls (SpO2):** L'oxymétrie de pouls ou saturation en oxygène est une méthode de mesure de la saturation en oxygène de l'hémoglobine au niveau des capillaires sanguins.
- **Capteurs de température et d'humidité:** Le capteur de température est utilisé pour mesurer la température du corps humain et/ou de l'environnement entourant le patient. Le capteur d'humidité est utilisé pour mesurer l'humidité de l'environnement entourant le patient. Un signal d'alarme peut être émis si un certain nombre de modifications sont mesurées.

#### **4 Architecture de communication dans les systèmes WBAN**

Le WBAN est conçu avec un capteur spécial qui peut se connecter de manière autonome avec divers capteurs et appareils, situés à l'intérieur et à l'extérieur d'un corps. Avec l'utilisation des WBANs, qui intègrent des capteurs biomédicaux et des appareils mobiles portables ou implantés, les patients peuvent être suivis en permanence, à distance et en temps réel. Les données vitales collectées peuvent être traitées et transférées par internet à un serveur clinique ou véhicule médicalisé distant pour une analyse plus approfondie, l'évaluation et la prise de décision. Chaque patient (par exemple âgé, diabétique, cardiaque, avec des problèmes respiratoires.) peut ainsi être suivi par le professionnel de santé approprié (médecin, infirmières, famille...).

La figure 1 montre l'architecture générale d'un système basé sur le WBAN, et qui consiste en plusieurs composantes principales :

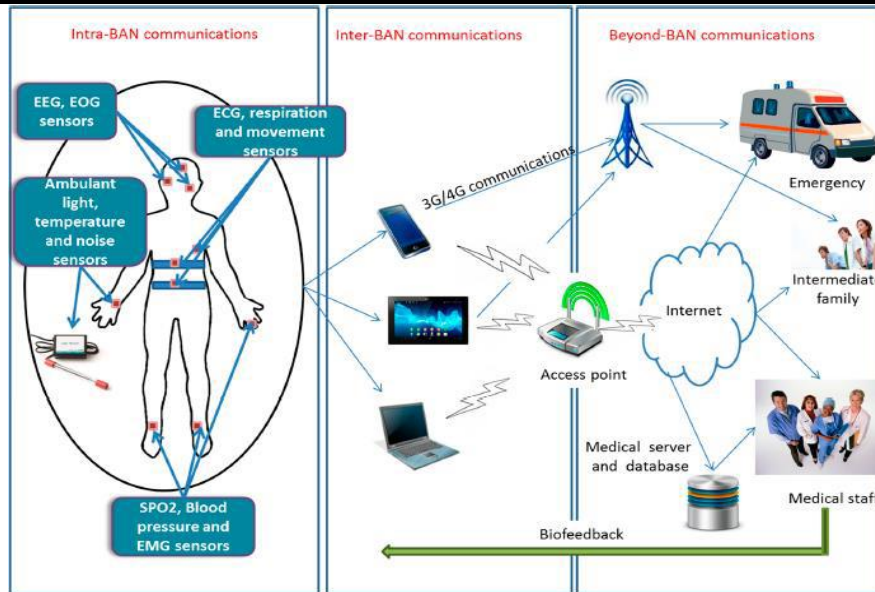


Figure 1: Architecture générale des communications dans un système WBAN.

- **Communication Intra-BAN:** le sujet est équipé de plusieurs capteurs miniatures portables. Ces capteurs peuvent être situés dans, sur ou autour du corps humain, et collectent des informations physiologiques du corps humain telles que la fréquence cardiaque, le pouls, la pression sanguine, la température. Les données recueillies sont ensuite transférées sans fil à un coordinateur situé à proximité pour un traitement et une transmission de données ultérieurs.
- **Communication Inter-BAN:** Les capteurs portables transmettent les données collectées au dispositif de coordination qui se trouve à proximité du patient en utilisant des communications sans fil à courte portée. Dans la plupart des cas, le dispositif coordinateur est un appareil intelligent, comme une montre-bracelet, une tablette, un téléphone intelligent ou un ordinateur portable, selon les besoins de l'application. Toutes les données collectées sont ensuite transmises par des communications à longue distance (par exemple, via 3G/4G/5G ou Wi-Fi) à des serveurs distants, qui peuvent être le système de clinique ou le système de service d'urgence. Ce dispositif de coordination peut inclure un logiciel professionnel pour traiter les données et de révéler en temps réel la situation du patient puis envoyer une notification si un signal anormal a été détectée pendant la mesure.
- **Communication Au-delà du BAN:** Toutes les données transmises par les dispositifs de coordination sont reçues, traitées et stockées sur un serveur clinique. Selon l'application du système, les données peuvent être analysées en continu et en temps réel. Il est possible pour un médecin ou une infirmière de prendre des mesures en fonction des données reçues

---

---

(par exemple, rappeler au patient de prendre ses médicaments via téléphone ou message). Pour une situation urgente (par exemple, une personne âgée qui est tombée), la famille ou le service d'urgence peuvent être prévenus et l'aide nécessaire est fournie au patient [2].

## 5 Protocoles de communications sans fil

Les réseaux de capteurs sans fils médicaux utilisent l'onde radio. Parmi les normes radios qui ont été utilisées pour des applications à bases de réseaux de capteurs nous citons :

- **La norme IEEE 802.15.1 / Bluetooth** : Elle a pour objectif préalable de permettre des communications sur de courtes distances avec un débit de communication limitée.
- **La norme Wibree (Ultra Low Power Bluetooth)** : c'est une version allégée de la norme Bluetooth fonctionnant dans la bande de fréquence des 2,4 GHz.
- **La norme IEEE 802.15.3 / UWB (Ultra Wide Band)** Elle opère dans la bande de fréquence de 3,1GHz à 10,6 GHz. Elle consomme 50 fois moins d'énergie pour transmettre un bit par rapport à Bluetooth.
- **La norme IEEE 802.15.4 / Zigbee** : Elle est conçue pour être utilisée dans les communications à très faible puissance et sur des distances réduites. Le protocole Zigbee permet de prolonger la durée de vie d'un nœud sur plusieurs années.
- **La norme IEEE 802.15.6** : Cette norme de courte portée est utilisée par des objets à ultra basse consommation, placés sur ou à proximité d'un corps humain. Elle permet un débit maximal de 10 Mbits/s. Cette norme combine des caractéristiques de sécurité, de fiabilité, de qualité de service, de basse consommation d'énergie et de protection contre les interférences, ce qui la rend adaptée à de multiples applications de réseaux radio corporels WBAN.
- **La norme IEEE 802.11x/Wi-Fi** : Le protocole de communication Wi-Fi est le protocole le plus utilisé pour toutes les applications sans fil. Il offre une large bande passante (de 11 à 320 Mbits/s) ce qui a permis de démocratiser l'utilisation de la technologie sans-fil dans les réseaux classiques WLANs. Cependant, le standard de communication Wi-Fi n'apparaît plus actuellement comme une solution viable pour les réseaux de capteurs sans fil, du fait d'un besoin énergétique trop important pour son utilisation. La durée de vie des capteurs sans fil alimentés par des piles ne dépasse rarement que quelques heures. C'est pourquoi, les applications de capteurs à base de communication sans fil Wi-Fi sont très peu répandues.

---

---

**Choix de la norme:** Le choix d'une technologie de communication sans fil dépend des services proposés, ainsi que des besoins du concepteur du réseau.

## 6 Applications des WBAN dans le domaine médical

Il existe plusieurs applications médicales pour la surveillance de la santé des patients :

- **La surveillance des activités de la vie quotidienne :** les applications tentent d'aider les personnes âgées à leur domicile pour améliorer leur qualité de vie. Les capteurs observent les activités quotidiennes de ces personnes et partagent les données observées avec les équipes médicales.
- **La détection de chute et du mouvement :** Les applications de détection de chute et du mouvement sont axées sur les conditions physiologiques telles que la posture et la détection de chute pour les personnes qui ont besoin de soin.
- **Le suivi de prise des médicaments :** La non prise des médicaments est fréquente chez les personnes âgées et les malades ayant des déficiences cognitives. Par conséquent, la surveillance et le rappel de prise des médicaments pour ce genre de malades est très important.
- **La localisation des patients ou de l'équipe médicale :** Dans les systèmes de surveillance médicale, l'application de localisation peut être utilisée pour aider les personnes ayant une déficience cognitive. Ils peuvent aussi être utilisés pour l'identification des emplacements des patients quand une situation d'alarme est survenue comme une crise d'épilepsie. En plus, dans un hôpital, on peut utiliser les systèmes de localisation pour surveiller les endroits visités par les patients ou pour localiser les médecins et les personnels paramédicaux dans les cas d'urgence, [3].
- **La surveillance de l'état de santé :** c'est l'application le plus étudié des systèmes de santé. Les signaux vitaux couramment utilisés afin d'obtenir des informations complètes sur l'état de santé des patients sont : ECG, EEG, le taux de respiration, l'oxymétrie de pouls, la température corporelle, le rythme cardiaque, la pression artérielle. À l'hôpital ou à domicile, les patients sont équipés de minuscules capteurs portables sans fil qui mesurent les signes vitaux. Ceci permettrait aux médecins et aux infirmières de surveiller en permanence l'état de santé de leurs patients et de réagir à des changements tels que l'insuffisance respiratoire, l'arrêt cardiaque....
- **La Biosurveillance :** une série de capteurs peuvent recueillir et examiner des échantillons de l'air, du sol ou de l'eau pour prédire la diffusion épidémiologique d'une maladie

---

---

(exemple l'épidémie actuelle du coronavirus). Ce qui permet aux fonctionnaires d'état et aux établissements de santé de réagir rapidement en prenant une série d'actions d'urgence.[4]

- **La prédiction des maladies :** Des études ont montré que les cellules cancéreuses dégagent de l'oxyde nitrique, ce qui affecte le sang dans la zone entourant une tumeur. Des capteurs avec la possibilité de détecter ces changements dans le sang ont la capacité d'identifier les cellules cancéreuses, ce qui permet aux médecins de diagnostiquer les tumeurs.

### 6.1 Avantages des systèmes WBAN dans le domaine médical

Les avantages apportés par les WBAN dans le domaine médical sont :

- La surveillance à distance.
- La surveillance en temps réel.
- Les soins à long terme.
- La liberté du mouvement pour le patient.
- La surveillance permanente de l'état physiologique.
- La surveillance permanente des organes vitaux du patient

## 7 Les défis des réseaux WBAN

Les applications médicales d'un système de réseaux de capteurs sans fil imposent des exigences strictes en matière de fiabilité du système, de qualité de service, de consommation d'énergie, de vie privée et de sécurité des données. Parmi les défis réseaux de capteurs médicaux WBAN nous citons :

- **L'énergie :** Le principal facteur limitant la durée de vie d'un réseau de capteurs est l'énergie. Les capteurs actuels ont des périodes de veille durant leur inactivité pour préserver leur batterie. Les sources de consommation d'énergie dans un nœud capteur proviennent principalement de l'unité de captage, de l'unité de traitement des données et de l'unité de communications. Les communications sont les actions qui coûtent le plus cher en termes d'énergie, les calculs également, mais avec une moindre importance.
- **La tolérance aux pannes :** Dans les réseaux de capteurs sans fil, un ou plusieurs capteurs peuvent ne pas fonctionner correctement, car les capteurs sont des entités sensibles aux altérations d'états tels que des phénomènes climatiques ou du fait d'une batterie faible. Le

---

---

réseau doit être capable de détecter ce type d'erreur et d'y remédier, afin de transmettre l'information et permettre au réseau d'être toujours opérationnel.

- **La sécurité :** La communication des données médicales entre les capteurs d'un système WBAN est soumise à des exigences de sécurité telles que la disponibilité du réseau, la confidentialité, l'authenticité, l'intégrité et la fraîcheur des données.
- **La disponibilité du réseau :** l'envoi d'information ne doit pas être interrompu, de même que la circulation de l'information ne doit pas être stoppée.
- **La confidentialité des données :** les données transmises soient confidentielles et ne puissent pas être lues que l'équipe médicale.
- **L'authentification :** nécessaire pour s'assurer que l'identité déclarée par un capteur est bien celle du capteur déclarant, sinon, de nombreuses attaques peuvent se mettre en place.
- **L'intégrité des données :** Les données circulant sur le réseau WBAN ne doivent pas pouvoir être altérées au cours de la communication. Il faut donc s'assurer que personne ne puisse capturer et modifier les données du réseau.
- **La fraîcheur des données :** Cela signifie qu'il faut s'assurer que les données transmises correspondent à un état présent. La fraîcheur des données garantit ainsi que ces données ne reflètent pas un état passé.

## 8 Les contraintes des réseaux WBAN

Ces contraintes sont le résultat des limitations concernant la mémoire du capteur, sa réserve énergétique, sa capacité de traitement ainsi que l'utilisation d'une communication sans fil.

- **Contraintes matérielles :** liées aux capacités physiques des capteurs.
  - Mémoire et espace de stockage limités
  - Energie limitée
  - Capacité de calcul limitée
  - Faible débit
- **Contraintes réseau :** Communications non fiables et incertaines.

## 9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une introduction et une description des capteurs corporels sans fil (WBAN) préalables à la conception et la réalisation d'un système efficace et performant dans les applications de télésurveillance médicale.

---

---

## Chapitre 2 :

# Architecture de Système de Surveillance proposé

## 1 Introduction

Dans ce chapitre, Nous dévoilons la description de prototype qui représente le système de surveillance des patients. En effet, nous présentons d'abord l'ensemble des composants hardwares et softwares qui forment la solution proposée, ensuite le fonctionnement et l'interaction de ces parties entre eux.

## 2 Contexte du travail

Les personnes âgées qui vivent seules ou les personnes atteintes de maladies chroniques ont besoin d'une surveillance permanente. La télésurveillance médicale de ces personnes permet le contrôle continu des maladies chroniques ainsi que la sécurité des personnes malades ou âgées.

Dans ce travail, on propose une architecture qui permet l'acquisition et le traitement des paramètres du patient. Ces paramètres comprennent les signaux vitaux, comme la température, la lumière et la pression artérielle. Ils sont primordiaux pour la surveillance médicale.

La mesure des signes vitaux constitue une des premières étapes lors de l'examen physique et représente une méthode rapide et efficace pour vérifier l'état du client. Les valeurs de signes vitaux normaux chez l'être humain sont:

- La température corporelle: Normale: 36.7 à 37.8
- Les pulsations cardiaques : Normale : 60 à 100 /min
- La tension artérielle : Valeur normale : 110-140/60-80 (pression systolique/pression diastolique).[5]



### 3 Architecture proposée

Pour notre application, on propose l'architecture décrite dans la figure 2.

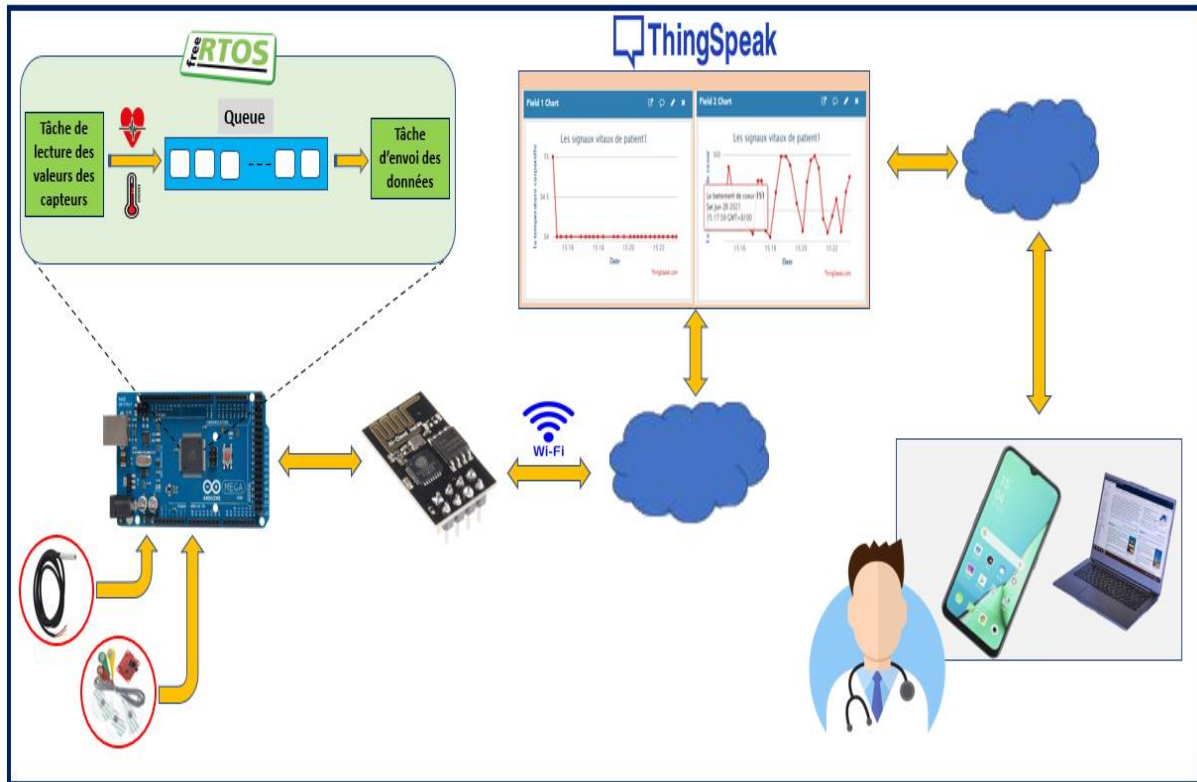


Figure 2: Architecture proposée

Les capteurs sont installés sur le corps du patient pour enregistrer les signes vitaux. Ils collectent et envoient les données périodiquement à une station de base qui va les transmettre à son tour à un service en ligne. Ces données seront alors disponibles en ligne sur le serveur de ThingSpeak.

Le système d'exploitation temps réel FreeRTOS implémenté sur Arduino, se chargera de la gestion des tâches (lire les valeurs des capteurs, envoi des données à ThingSpeak) pour ajouter une flexibilité au programme et éviter les retards d'extraction des données qui proviennent des capteurs.

Le personnel médical peut visualiser l'historique du patient en se connectant au serveur ThingSpeak et afficher les différents signaux vitaux de leurs patients.

---

---

Les capteurs les plus connus dans la télésurveillance médicale sont:

- **Les capteurs de température et les capteurs de pression** : pour le monitoring de température et de pression du patient.
- Les capteurs de rythme cardiaque : ils collectent le rythme cardiaque, la saturation d'oxygène et les données d'électrocardiogramme (ou EKG) et les relient à un réseau sans fil vers des appareils de réception.
- Électromyogramme (EMG) : des capteurs qui mesurent directement les signaux de contrôle musculaire.

Dans notre cas, nous n'avons pas à notre disponibilité tous ces capteurs. Cependant, les capteurs que nous avons utilisés se sont avérés suffisants pour prouver la faisabilité de notre solution.

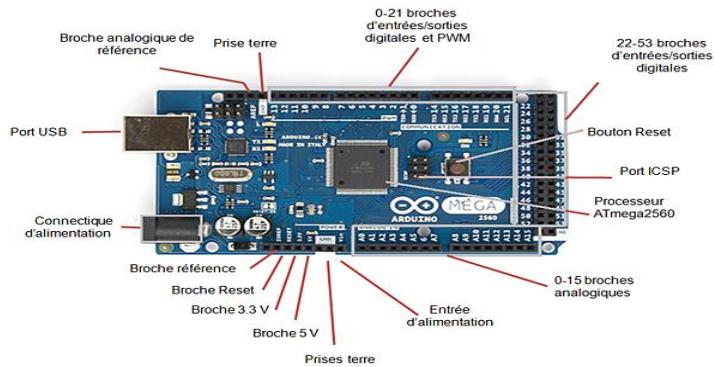
## 4 Matériel utilisé

Notre WBAN est constitué de deux capteurs corporels qui mesurent les signes physiologiques de la personne âgée et un actionneur, ces capteurs sont : Le capteur de température LM35, et le capteur d'Électrocardiographie ECG.

Le sink (puits) dans notre architecture est le microcontrôleur ARDUINO Mega, le sink est relié aux différents capteurs par une liaison filaire, tous les capteurs sont branchés directement sur l'ARDUINO. Ce sink reçoit ces paramètres physiologiques les traite et les envoie à la plateforme ThingSpeak qui héberge la base de données préalablement créée pour y être stockés, et ce via une liaison Wifi connecté à un modem Internet par le biais du module ESP8266. Les utilisateurs autorisés peuvent se connecter à cette plateforme pour visualiser les données physiologiques en temps réel.

### 4.1 La carte Arduino Mega

Notre schéma électrique se compose d'un microcontrôleur gérant le système, on a utilisé un Arduino Mega. La carte Arduino est un circuit imprimé en matériel libre sur lequel se trouve un Microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique, le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles ...etc. Chaque module Arduino possède un régulateur de tension +5V et un oscillateur à quartz. Pour programmer cette carte, on utilise le logiciel IDE Arduino.



**Figure 3: La carte Arduino Mega 2560**

La carte Arduino Mega 2560 dispose de toute une série de facilités pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou avec d'autres microcontrôleurs. L'ATmega 2560 dispose de quatre UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ou émetteur-récepteur asynchrone universel en français pour communication série de niveau TTL (5V) et qui est disponible sur les broches 0 (RX) et 1 (TX). Un circuit intégré ATmega8U2 sur la carte assure la connexion entre cette communication série de l'un des ports série de l'ATmega2560 vers le port USB de l'ordinateur qui apparaît comme un port COM virtuel pour les logiciels de l'ordinateur. Le code utilisé pour programmer l'ATmega8U2 utilise le driver standard USB COM, et aucun autre driver externe n'est nécessaire, [6].

## 4.2 Les capteurs utilisés

### 4.2.1 AD8232

L'AD8232 est une petite puce utilisée pour mesurer l'activité électrique du cœur. Cette activité électrique peut être représentée sous forme d'ECG ou d'électrocardiogramme. L'électrocardiographie est utilisée pour aider à diagnostiquer diverses maladies cardiaques, [7].

#### Caractéristiques :

- Haute qualité
- Sortie analogique
- Détection de dérivation
- Goupille d'arrêt
- Indicateur LED

- 
- Tension de fonctionnement : 3,3 V
  - Jack 3,5 mm pour connexion de tampon biomédical
  - Plage de température nominale : 0 à 70 degrés
  - Plage de température de travail : -40 à 85 degrés.

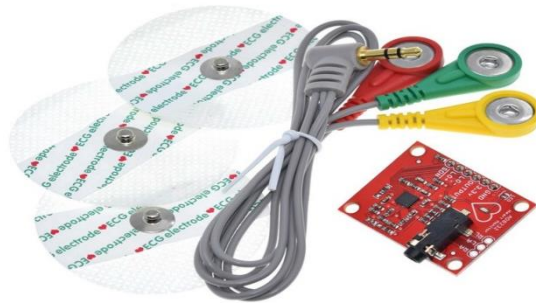


Figure 4:Le capteur AD8232

#### 4.2.2 Sonde de température étanche ds18b20

DS18B20 est un capteur de température intelligent. Il appartient à une nouvelle génération de capteur de température intelligent adaptatif et peut directement convertir le signal de température en signaux numériques série pour le traitement informatique.

##### Caractéristiques :

- Sortie de signal numérique
- Détection de température rapide, précise.
- Résistance aux chocs, forte étanchéité, longue durée de vie
- Sans composants externes, l'interface unique de bus unique.



Figure 5:Le capteur de température DS18B20

---

---

### 4.3 ESP8266 module Wifi

L'ESP8266 est un appareil très convivial et peu coûteux pour fournir une connectivité Internet au projet. Le module peut fonctionner à la fois comme point d'accès et comme station (peut se connecter au Wi-Fi), il peut donc facilement récupérer des données et les télécharger sur Internet, ce qui rend l'Internet des objets aussi simple que possible. Il peut également récupérer des données sur Internet à l'aide d'API, ce qui permet d'accéder à toutes les informations disponibles sur Internet. Une autre caractéristique intéressante de ce module est qu'il peut être programmé à l'aide de l'IDE Arduino, ce qui le rend beaucoup plus convivial. Cependant, cette version du module n'a que 2 broches GPIO, il faut donc l'utiliser avec un autre microcontrôleur comme Arduino, [8].

#### Caractéristiques :

- Module Wi-Fi à faible coût, compact et puissant
- Alimentation : +3,3 V uniquement
- Consommation actuelle : 100 mA
- Tension d'E/S : 3,6 V (max)
- Courant de la source d'E/S : 12 mA (max)
- MCU 32 bits basse consommation intégré à 80 MHz
- Mémoire Flash de 512 Ko
- Peut être utilisé comme station ou point d'accès ou les deux combinés
- Prend en charge le sommeil profond (<10uA)
- Prend en charge la communication série donc compatible avec de nombreuses plateformes de développement comme Arduino
- Peut être programmé à l'aide d'Arduino IDE ou de commandes AT ou de Lua Script.

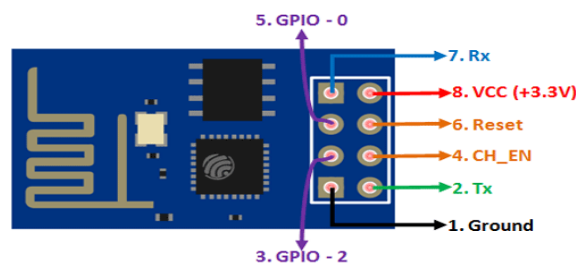


Figure 6: La carte Wifi ESP8266

---

---

## 5 Thingspeak

ThingSpeak est une plate-forme fournissant divers services exclusivement destinés à la création d'applications IoT. Il offre des capacités de collecte de données en temps réel, de visualisation des données collectées sous forme de graphiques, la possibilité de créer des plugins et des applications pour collaborer avec des services Web, des réseaux sociaux et d'autres API. L'élément central de ThingSpeak est un « canal ThingSpeak ». Un canal stocke les données que nous envoyons à ThingSpeak et comprend les éléments ci-dessous :

- 8 champs pour stocker des données de tout type. Ceux-ci peuvent être utilisés pour stocker les données d'un capteur ou d'un appareil embarqué.
- 3 champs de localisation qui peuvent être utilisés pour stocker la latitude, la longitude et l'altitude. Ceux-ci sont très utiles pour suivre un appareil en mouvement.
- 1 champ d'état, un court message pour décrire les données stockées dans le canal.

Pour utiliser ThingSpeak, nous devons nous inscrire et créer un canal. Une fois que nous avons un canal, nous pouvons envoyer les données, permettre à ThingSpeak de les traiter et également les récupérer. [9]



Figure 7: La plateforme Thingspeak

## 6 Conclusion

Nous avons défini dans ce chapitre l'ensemble des matériels utilisés, la carte arduino Mega qui va nous aider à collecter les informations livrées par les différents capteurs, la carte Esp8266 qui permet la communication avec le serveur Thingspeak, ce dernier a pour rôle l'organisation et l'affichage des résultats sur des chaînes gérées par le médecin.

---

---

## Chapitre 3 :

# Conception et Réalisation pratique

## 1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons voir le schéma de liaison de la carte Arduino MEGA avec les capteurs corporels et nous allons visualiser les résultats de ces capteurs en utilisant le logiciel arduino IDE pour vérifier leurs fonctionnements avant la transmission de ces données vers le serveur Thingspeak via la carte Wifi Esp8266.

## 2 Connexion des capteurs Avec Arduino

Pour le montage, nous avons utilisé la carte Arduino Mega comme composant principal sur lequel nous avons mis les autres composants ( ESP8266, Les capteurs) comme illustré sur la figure 8.

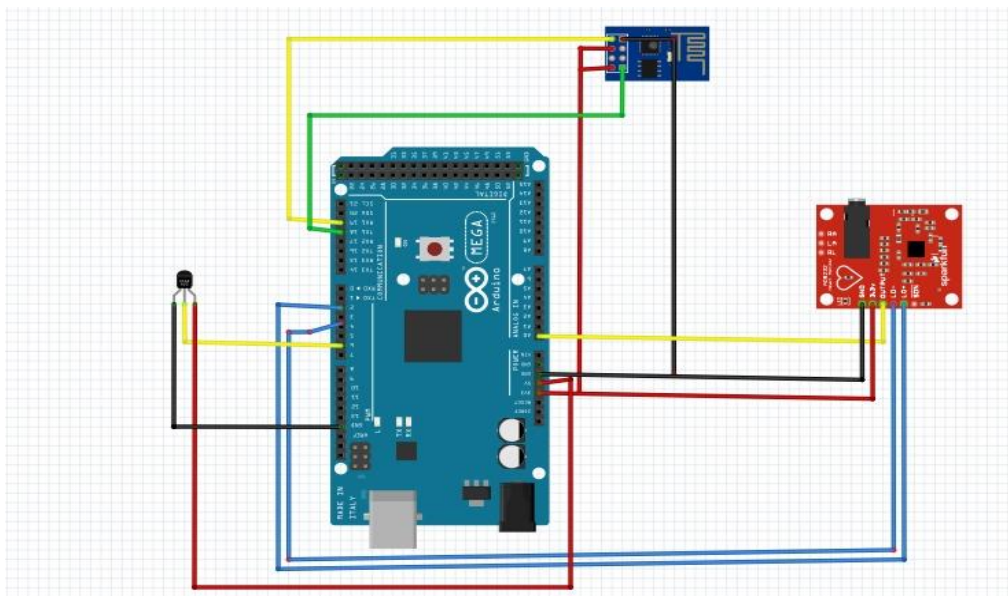


Figure 8: Connexion d'Arduino avec les capteurs

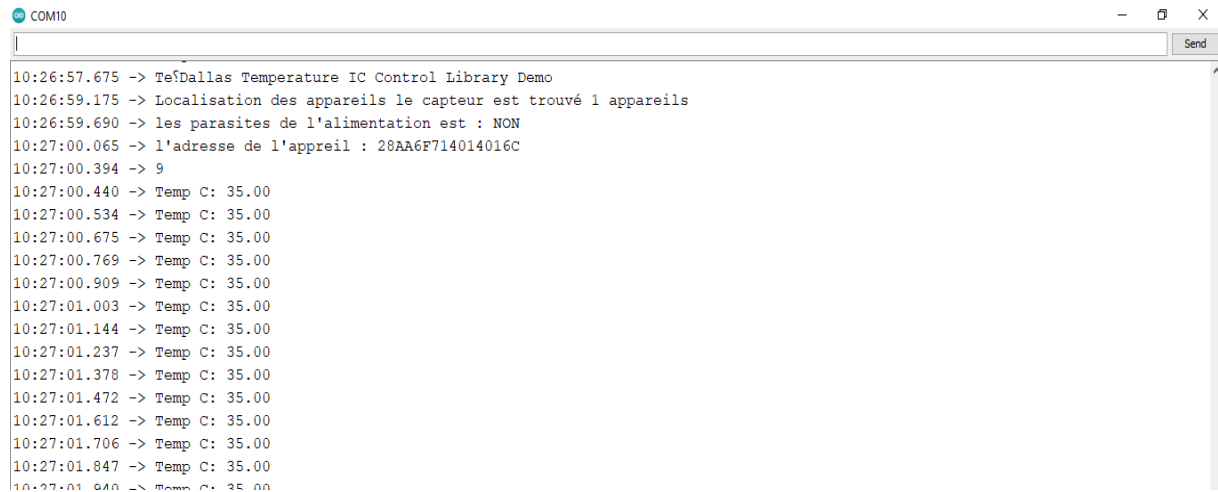
## 3 Résultats de chaque capteur

Après le branchement de ces capteurs avec Arduino, il est facile de voir leurs résultats par l'exécution de son propre programme dans le logiciel IDE. Mais, il faut tout d'abord

régler le type de carte et le port convenable avant le téléchargement de programme sur le moniteur Série qui va afficher le résultat.

### 3.1 Capteur de température corporel ds18b20

La figure 10 représente la température corporelle mesurée par le capteur ds18b20.



```
COM10
10:26:57.675 -> Te{Dallas Temperature IC Control Library Demo
10:26:59.175 -> Localisation des appareils le capteur est trouvé 1 appareils
10:26:59.690 -> les parasites de l'alimentation est : NON
10:27:00.065 -> l'adresse de l'appareil : 28AA6F714014016C
10:27:00.394 -> 9
10:27:00.440 -> Temp C: 35.00
10:27:00.534 -> Temp C: 35.00
10:27:00.675 -> Temp C: 35.00
10:27:00.769 -> Temp C: 35.00
10:27:00.909 -> Temp C: 35.00
10:27:01.003 -> Temp C: 35.00
10:27:01.144 -> Temp C: 35.00
10:27:01.237 -> Temp C: 35.00
10:27:01.378 -> Temp C: 35.00
10:27:01.472 -> Temp C: 35.00
10:27:01.612 -> Temp C: 35.00
10:27:01.706 -> Temp C: 35.00
10:27:01.847 -> Temp C: 35.00
10:27:01.940 -> Temp C: 35.00
```

Figure 9:Résultat de la température dans le Moniteur Serial de Arduino IDE

### 3.2 Capteur de battement de cœur

Sur le Serial plutter, on visualise la figure suivante qui représente le graphe cardiaque de cœur en temps réel.

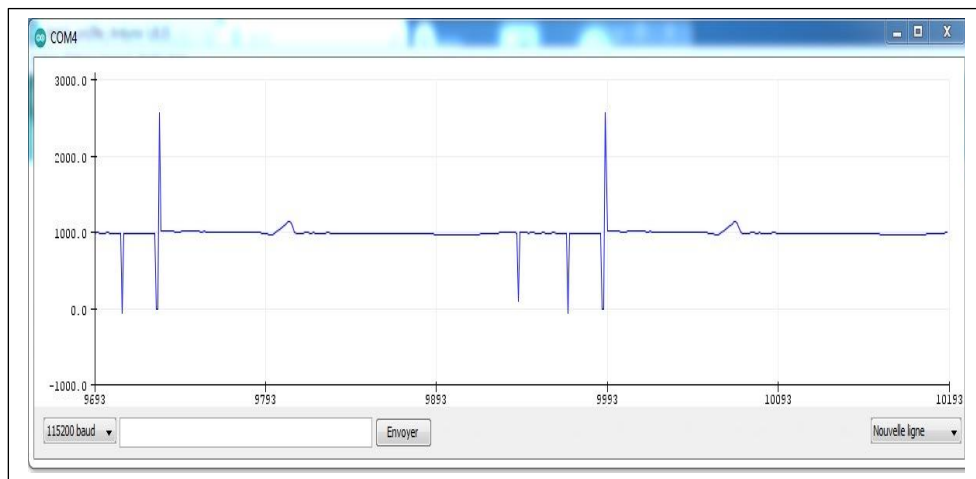


Figure 10:le graphe de battement de cœur

## 4 L'envoi des données au serveur Thingspeak

Tout d'abord, il est nécessaire de créer un compte sur Thingspeak et de mettre en évidence des chaînes dans lesquels on va recevoir les données affichées sur le moniteur Série de notre carte Arduino en utilisant le module Wifi ESP8266.



Chaque chaîne représente les données d'un seul Patient et il dispose de 8 fenêtres dans lesquelles on va recevoir l'état de ses signaux vitaux.

#### 4.1 Connexion de Esp8266 avec Arduino

Pour que le module Wifi ESP8266 fonctionne, il faut réaliser le branchement suivant :

ESP8266	Arduino MEga
GND	GND
RX	TX
TX	RX
VCC	3.3V
CH-En	3.3V

Tableau 1:le branchement de ESP8266 avec Arduino MEGA

```

COM10
18:43:03.139 -> Setting ESP8266 baudrate to 115
18:43:03.139 -> Setting ESP8266 baudrate to 115200...
18:43:04.366 -> Searching for ESP8266...[WiFiEsp] Initializing ESP module
18:43:07.800 -> [WiFiEsp] Initialization successful - 1.5.4
18:43:07.800 -> found it!
18:43:07.800 -> Attempting to connect to SSID: MySSID
18:43:12.807 -> [WiFiEsp] Connected to Cafe la vita
18:43:12.807 -> .
18:43:17.803 -> Connected.
  
```

Figure 11: la vérification de la connexion de ESP8266

#### 4.2 Envoi des données des capteurs

Après la création des chaînes pour chaque patient, il est nécessaire de connaître l'API Key pour l'utiliser dans le programme afin d'accéder à chacune de ces chaînes.

Il faut accéder à la chaîne et chercher API keys comme illustrée ci-dessous :

Les signaux vitaux de patient1

Channel ID: 1424226  
 Author: mwa000022606189  
 Access: Private

Private View Public View Channel Settings Sharing **API Keys** Data Import / Export

Write API Key

Key

[Generate New Write API Key](#)

**API Key cherché**

Help

API keys enable you to write data to a channel or read data from a private channel. API keys are auto-generated when you create a new channel.

API Keys Settings

- **Write API Key:** Use this key to write data to a channel. If you feel your key has been compromised, click **Generate New Write API Key**.
- **Read API Keys:** Use this key to allow other people to view your private channel feeds and charts. Click **Generate New Read API Key** to generate an additional

Figure 12: le API key de la chaîne

## 5 Affichage des résultats dans les champs des canaux

Après la création de compte sur Thingspeak, et la vérification de la connexion de module Wifi ESP8266 avec thingspeak, nous pouvons par la suite envoyer les résultats visualisés sur le moniteur Série de Arduino IDE vers le serveur.

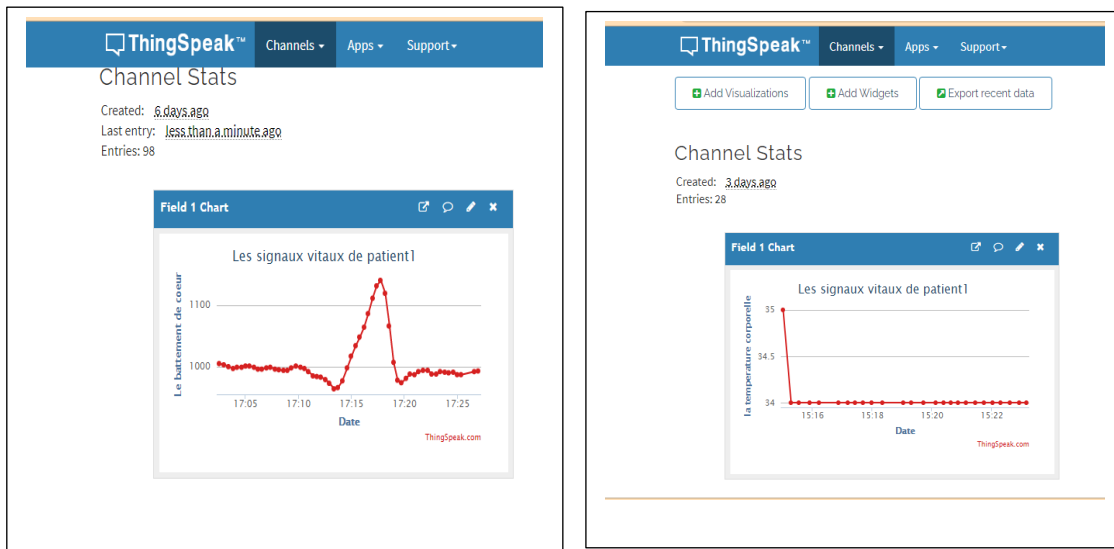


Figure 13: les résultats sur le serveur thingspeak

Les résultats sont conformes par rapport à la réalité, ECG à un graphe similaire à un ECG d'une personne en état normale qui n'exerce aucune activité.

Et la température reste raisonnable par rapport au moyen de la température corporelle.

## 6 Organisation de travail par RTOS

### 6.1 Contexe

L'un des composants les plus importants des systèmes embarqués est le RTOS, également connu sous le nom de système d'exploitation en temps réel, qui est responsable, de la planification des tâches à l'exécution des applications.

FreeRTOS est l'un des RTOS les plus utilisés dans les systèmes embarqués, est spécialement conçu pour les microcontrôleurs. Étant donné que les microcontrôleurs disposent de ressources limitées, comme celui que nous avons dans notre système, donc on a besoin d'un système d'exploitation adapté aux ressources disponibles des microcontrôleurs. Il s'agit d'un noyau open source, ce qui signifie qu'il peut être téléchargé gratuitement et utilisé dans des applications basées sur RTOS.

---

---

Avec L'utilisation de FreeRTOS, nous pouvons nous assurer que chaque tâche d'Arduino aura un modèle d'exécution déterministe et que chaque tâche respectera son délai d'exécution. En d'autres termes, il s'agit d'un planificateur qui attribue des ressources CPU Arduino à chaque tâche selon un algorithme de planification.

Dans un système multitâche, une application peut comprendre de nombreuses tâches. Comme le cas de notre système le programme est subdivisé en deux tâches : la première, avec la basse priorité, chargée de l'extraction des données des capteurs. La deuxième, qui a la haute priorité est chargée de la connexion de Esp8266 avec le réseau WIFI et l'envoi des signaux vitaux au serveur Thingspeak. Si nous utilisons un processeur à un seul cœur, une seule tâche peut s'exécuter sur le processeur à un moment donné. Par conséquent, une seule tâche sera en état d'exécution et toutes les autres tâches seront en état de non-exécution. Cela signifie que dans les applications basées sur RTOS, les tâches peuvent être en cours d'exécution ou non en cours d'exécution. L'état d'exécution d'une tâche peut être divisé en trois sous-états tels que l'état bloqué, l'état prêt et l'état suspendu.

## 6.2 Les états des tâches FreeRTOS

- **Etat Bloqué** : Tâche en attente d'un événement. Une fois l'événement arrivé, la tâche concernée repasse alors à l'état prêt.
- **Etat prêt** : une tâche qui possède toutes les ressources nécessaires à son exécution. Elle lui manque seulement le processeur.
- **Etat Suspendu** : un état qui est ignorée par l'ordonnanceur, qui garantira toujours que la tâche de plus haute priorité pouvant s'exécuter sera sélectionnée pour entrer dans l'état d'exécution. Elle ne consommera plus aucune ressource jusqu'à ce qu'elle soit retirée de l'état et remise dans un état "prêt".

## 6.3 Principe de fonctionnement de FreeRTOS

L'utilisation de FreeRTOS dans notre système consiste à réaliser deux tâches principales qui se communiquent entre eux de façon que la première commence son exécution quand l'autre se bloque et vice-versa. L'exécution des tâches est gérée par un ordonnancement préemptif, qui est une technique d'ordonnancement du processeur se basant sur la division des créneaux temporels du processeur en un processus donné. L'intervalle de temps donné peut être en mesure de terminer l'ensemble du processus ou peut-être pas. Lorsque le temps de rafale du processus est supérieur au cycle du processeur, il est remis dans la file d'attente des

---

---

prêts et s'exécutera à la prochaine occasion. Cette planification est utilisée lorsque le processus passe à l'état prêt.

Pour la communication entre les deux tâches est réalisé à l'aide d'une "Queue", dont la tâche *SensorRead*, qui est le producteur, remplit la Queue par les données des capteurs. Ensuite, la tâche *SendData*, qui est le consommateur, prend les valeurs de la Queue quand elles sont disponibles pour les envoyer à ThingSpeak.

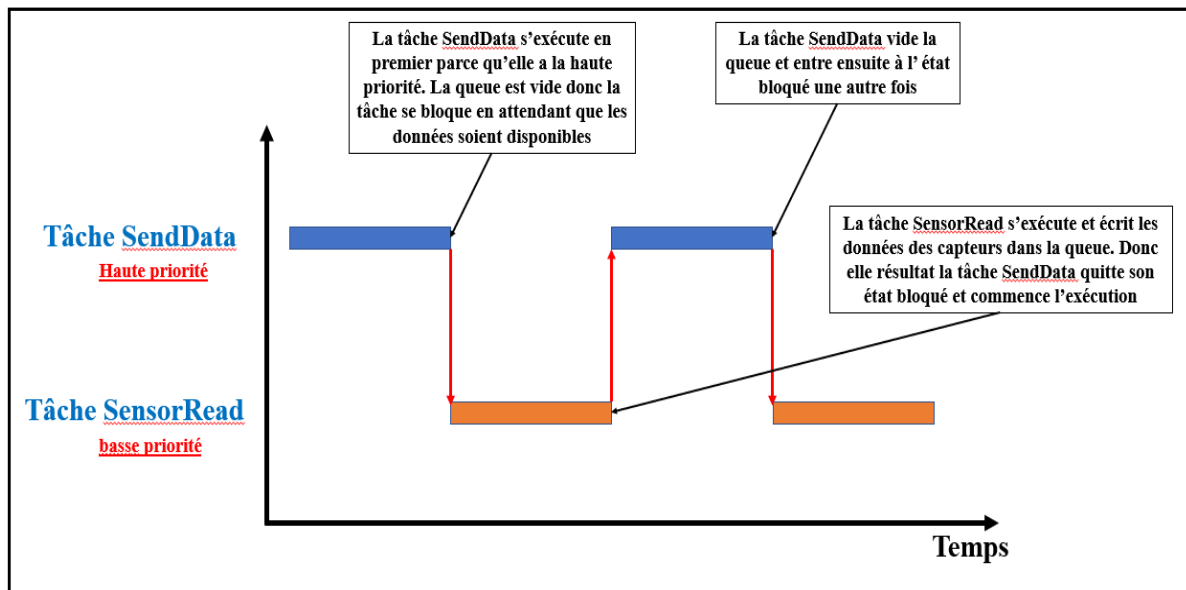


Figure 14:Principe de fonctionnement de FreeRTOS

## 6.4 Utilisation de FreeRTOS

Nous avons au moins deux capteurs connectés à Arduino, et un seul programme qui gère les deux capteurs (Température, Battement de cœur) et il prend les valeurs pour les envoyer à ThingSpeak.

Ils peuvent donc engendrer des retards non désirés entre l'extraction des données des capteurs et l'envoi de ces données, ce qui nous importe à utiliser un système d'exploitation en temps réel qui organise l'exécution de notre problème. [10]

On a exécuté les tâches suivantes :

- La saisie des valeurs du capteur de température corporel et les résultats du battement du cœur ECG
- L'envoi de ces données au serveur ThingSpeak.

---

---

## 7 Conclusion

Ce chapitre est consacré à la conception de notre système de surveillance. Nous avons réalisé le schéma de liaison de la carte Arduino MEGA avec les capteurs corporels. Ensuite, nous avons visualisé leurs résultats sur le moniteur série et à l'aide de la carte module Wifi Esp8266 nous les avons envoyés au serveur ThingSpeak.

Pour organiser l'exécution de notre programme final, nous avons ajouté le système d'exploitation qui offre la possibilité de diviser le programme en plusieurs tâches pour assurer la cohérence.

---

---

## Conclusion générale

Ce travail avait comme objectif le développement d'un système de surveillance de l'état de santé des patients en temps réel en utilisant un réseau corporel sans fil WBAN. D'abord, on a commencé par une description générale des réseaux de capteurs sans fil, avec une présentation générale des réseaux WBAN et leurs applications dans la médecine. Ensuite nous avons exposé les différents composants nécessaires à la conception de ce système de surveillance. Finalement, nous avons présenté les différents tests et résultats obtenus des capteurs utilisés en utilisant le logiciel Arduino IDE pour vérifier leurs fonctionnements avant la transmission de ces données vers le serveur ThingSpeak via la carte Wifi Esp8266.

Ce projet nous a permis d'explorer plusieurs plateformes de développement à savoir l'IDE Arduino, le module Wifi ESP8266 et le serveur ThingSpeak. Aussi, nous avons pu comprendre le fonctionnement des capteurs utilisés, et nous avons aussi exploité les performance et l'utilité du système d'exploitation temps réel FreeRTOS pour donner une flexibilité à notre code Arduino et gérer les différentes tâches que Arduino est censé réaliser.

Comme perspective de notre travail, nous envisageons d'ajouter plusieurs capteurs corporels à notre système comme le capteur musculaire EMG, capteur de pression artérielle, capteur d'oxygène... etc. La version gratuite de ThingSpeak offre des fonctionnalités limitées avec un petit retard lors de réception des données, donc un passage à la version payée peut résoudre ce problème en fournissant aussi plus de fonctionnalités plus avancées.

---

---

## Bibliographie :

[1] : <https://123dok.net/document/6zkeep4z-detection-attaques-systeme-wban-surveillance-medicale-distance.html>      **visité le :2021-06-07**

[2] : <https://ieeexplore.ieee.org/document/6719268>      **visité le :2021-06-11**

[3] : <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1155/2015/213705>      **visité le :2021-06-11**

[4] : <https://123dok.net/document/6zkeep4z-detection-attaques-systeme-wban-surveillance-medicale-distance.html>      **visité le :2021-06-13**

[5] : <https://www.montrealsoinsadomicile.ca/modes-demploi/2019/07/15/les-signes-vitaux-ce-quil-faut-savoir-%C3%A0-propos-des-ain%C3%A9s.html>      **visité le :2021-06-14**

[6] : <https://www.cours-gratuit.com/cours-arduino/tutoriel-carte-arduino-mega-2560-pdf/download?chk=44b30ca1b894807b32e6da88d7f79e17>      **visité le :2021-05-14**

[7] : <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232.pdf>

**Visité le :2021-05-24**

[8] : [https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)

**Visité le :2021-05-20**

[9] : <https://www.codeproject.com/Articles/845538/An-Introduction-to-ThingSpeak>

**Visité le :2021-06-02**

[10] : <https://www.freertos.org/a00019.html>      **visité le :2021-06-15**

