

## Étude et Prototypage d'un Nouveau Dispositif de Détection et Monitoring Assisté par ESP32 de l'État de Posture du Dos d'un Employé dans un Poste de Travail

### [ Study and Prototyping of a New Device for ESP32-Based Detection and monitoring of the Back Posture State of an Employee in a Workstation ]

*Njonogo Charnelle, Mbihi Jean, and Etouké Owoundi Paul*

Laboratoire de Génie Informatique et Automatique, ENSET Douala, Université de Douala, Douala, Cameroon

Copyright © 2024 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:** The aim of this project is to prototype an automatic posture corrector device using an ESP-32 microcontroller, with a sensor integrated into the electronic-textile device. The sensor senses both the back posture of a person and his/her temperature and gives out a beep output to notify that the sitting posture is incorrect. Once the sitting posture is adjusted correctly, the beep stops. Information on the posture and the temperature is equally displayed on a Smartphone or a Personal Digital Assistant (PDA) via a Bluetooth wireless connection. The main goal is automatically correct the sitting posture of an individual.

**KEYWORDS:** back posture, employee, prototyping, automatic corrector, ESP32 microcontroller, electronic-textile.

**RESUME:** Ce projet vise à prototyper un dispositif de correction automatique de la posture, à l'aide d'un microcontrôleur ESP-32, en utilisant un capteur placé dans le dispositif électronique-textile. Le capteur détecte à la fois la position du dos d'une personne et sa température et émet un signal sonore pour signaler que la position assise est incorrecte. Une fois que la position assise est ajustée correctement, le signal sonore s'arrête. Les informations relatives à la posture et à la température sont également affichées sur un Smartphone ou un assistant numérique personnel (ANP) via une connexion sans fil Bluetooth. L'objectif principal est de corriger automatiquement la position assise d'un individu.

**MOTS-CLEFS:** posture du dos, employé, prototypage, correcteur automatique, microcontrôleur ESP32, électronique-textile.

## 1 INTRODUCTION

L'industrie textile de la mode est engagée dans un extraordinaire mouvement d'innovation [1]. Comme dans tous les secteurs de l'industrie et de l'économie en général, on peut constater une révolution numérique des nouvelles fonctionnalités de la mode de luxe qui s'avèrent encore bien plus impressionnante. Les textiles intégrés par de capteurs ou des éléments électroniques sont actuellement en plein essor. On peut donc constater sur ces vêtements interactifs que les prototypes sont programmés afin d'établir une communication sensorielle ou autre entre son porteur et lui-même [2], [3].

Depuis les années 2000, les acteurs des industries textiles et de l'électronique sont captivés par les textiles intelligents. Ces derniers se définissent comme étant une nouvelle discipline qui étudie la conception et la fabrication de l'habillement composite à base du textile [4]. Elles apparaissent comme une solution à de nombreux maux. Au regard de la société actuelle et des problèmes dont elle fait face, de nombreuses recherches révèlent les conséquences négatives du mal de dos et principalement la lombalgie dans le domaine médical sur la santé des travailleurs en particulier et de l'entreprise en générale

dans le monde professionnel [5], [6]. Ce qui reste encore un épiphénomène bien réel et devrait davantage être pris en compte. L'environnement de travail est donc une sphère déterminante pour améliorer le bien-être des individus et de l'entreprise [5].

De manière générale les textiles intelligents sont considérés comme étant des textiles capables de capter ou d'analyser un signal. Il faut donc savoir que les vêtements qui avaient pour fonction première de couvrir le corps, de protéger contre les intempéries, peut donc grâce à des procédés scientifiques très innovants être capables de diagnostiquer, soigner ou d'interagir à la place de l'homme [7]. Les dispositifs intégrés aux vêtements vont être amenés à se développer fortement car les secteurs tels que : la sécurité, le sport, la santé sous la base des travaux de L'IETR (Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes) [8]. Paul Rosero, Edwin Rosero et Ana Cristina Umaquina dans leur ouvrage intitulé, « évolution des textiles intelligents : revue de la littérature », font allusion au premier textile intelligent du 19<sup>ème</sup> siècle [9].

Leonardo Pedro, Rui Valente de A, Ribeiro Bruno, dans System for Posture Evaluation and Correction Développement of a Second Prototype for an Intelligent Chair, développe une chaise intelligente [10]. Longuet S, Le borgne P, Baucher J, dans « effet de tee-shirt perko sur la posture debout et assise », avec pour objectif de comprendre et analyser les effets de la posture de l'individu avec une seconde peau qui est le tee-shirt perko constitué des tenseurs au dos [11]. En janvier 2006 Anna Boczkowska, Marcin Leonowicz « dans matériaux intelligents pour des textiles intelligents » parle de la création des vêtements avec des niveaux de fonctionnalité et d'intelligence plus élevés, et définit tout en présentant les différents polymères intelligents, [12] mais les auteurs ne présentent pas les différentes étapes pour rendre un textile intelligent.

La littérature existante et consultée révèle la montée en puissance des textiles intelligents dans le monde, cela s'est d'ailleurs relevé aux jeux olympiques à Tokyo en 2020. Mais il est tout de même regrettable que l'Afrique ne se sente pas concernée par cette discipline qui est en pleine essor. En fin de pouvoir mieux appréhender le correcteur de posture, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur le phénomène de la lombalgie.

D'après les données de L'INRS en 2010 la lombalgie est la première cause d'arrêt de travail et de maladie professionnelle, elle se caractérise par une douleur généralement intense au niveau du bas de dos [11]. Le dos est constitué de quatre structures principales, soit les vertèbres, les disques, les tendons et les muscles. Certaines de ces structures présentent des composantes sur lesquelles s'exercent des forces importantes lors de la mobilisation, elles peuvent donc être atteintes de lésions telles qu'un ligament étiré, un spasme musculaire, un nerf comprimé, une articulation irritée, un disque aplati, ce qui peuvent causer de la douleur au dos [13].

Notre posture devrait en fait être au sommet de nos préoccupations en matière de santé, La négligence envers le maintien d'une posture qui ne met pas notre colonne vertébrale en danger est importante [14] car, ne pas adopter la bonne posture peut causer des douleurs aux épaules, au dos, une fonction pulmonaire réduite, des douleurs gastro-intestinales, une scoliose et un syndrome postural [15] et il existe une gamme d'autres maladies qui peuvent gravement affecter notre vie de tous les jours [16]. Il s'agit donc d'un véritable problème de santé qui touche un bon nombre de personnes et qui a de nombreuses conséquences sur le personnel comme sur les entreprises.

Au regard de la mondialisation, Le développement de l'informatisation apporte actuellement de nouveaux risques pour la santé. Les personnes malades ont un impact significatif sur la productivité des bureaux car les gens se déplacent beaucoup moins [17]. Les systèmes embarqués sont devenus très populaires on peut ainsi parler d'une vulgarisation ces dernières années. On constate alors que ce domaine intervient particulièrement dans la technologie de surveillance de la santé [18].

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 SCHEMA BLOC

Le schéma bloc du dispositif d'instrumentation de la posture proposé est illustré à la figure 1. Il se compose de quelques éléments importants, à savoir un corps humain, un gyroscope MPU, un microcontrôleur ESP32, un avertisseur sonore et un indicateur LED.

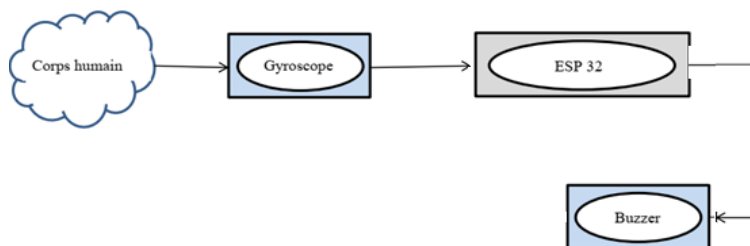







Fig. 1. Présentation de schéma bloc

## 2.2 SPÉCIFICATIONS DES OUTILS

Le tableau 1 présente les spécifications techniques des outils matériels utilisés pour construire le dispositif de détection de posture proposé. Les critères pertinents requis pour les pièces matérielles sont: la disponibilité sur le marché électronique local, la fiabilité, une plage de fonctionnement suffisante, un poids et un coût faibles, etc.

Tableau 1. Spécifications techniques des outils

S/N	Outil	Spécifications
1	<p>GY-521 : Capteur MPU6050 Module</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puce capteur : MPU-6050</li> <li>- Sensibilité du gyroscope : <math>\pm 250, \pm 500, \pm 1000, \pm 2000</math> degrés/seconde</li> <li>- Sensibilité de l'accéléromètre : <math>\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g, \pm 16g</math></li> <li>- Communication : Interface I<sup>2</sup>C (deux fils)</li> <li>- Tension d'alimentation : 3,3V - 5V</li> <li>- Courant de fonctionnement : 3,9 mA (mode actif), 5 <math>\mu</math>A (mode faible consommation).</li> <li>- Déchargement du moteur Digital Motion Processing™ (DMP™) : Traitement des données Motion Fusion™ jusqu'à 9 axes.</li> <li>- Plage d'échelle complète du gyroscope : <math>\pm 250, \pm 500, \pm 1000, \pm 2000^\circ/s</math>.</li> <li>- Gamme complète d'échelle de l'accéléromètre : <math>\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g, \pm 16g</math></li> <li>- Filtre numérique passe-bas (DLPF) avec des largeurs de bande de 5, 10, 20, 42, 98 Hz</li> <li>- Adresse I2C : 0x68 (par défaut) ou 0x69 (configurable)</li> <li>- Moteur Digital Motion Processing™ interne : ADC 16 bits et accélérateur matériel</li> <li>- Plage de température : -40°C à +85°C</li> <li>- Dimensions : Environ 20 mm x 15 mm</li> </ul>
2	<p>Buzzer</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Type : Indicateur sonore</li> <li>- Niveau de pression acoustique : Minimum de 75dB</li> <li>- Fréquence de résonance : 2kHz - 4kHz</li> <li>- Réponse en fréquence : 31Hz - 65535Hz</li> <li>- Tension de fonctionnement : 3V- 250V</li> <li>- Impédance : 12 ohms</li> </ul>
3	<p>ESP32-WROOM-32 Module</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Double cœur : 32 bits</li> <li>- Fréquence d'horloge : SO - 240 MHz</li> <li>- SRAM : 512</li> <li>- Mémoire ROM : 448 KM</li> <li>- Mémoire flash prise en charge : Jusqu'à Mégaoctet Version 4.2 (BLE)</li> <li>- 23 broches à usage général : DIO 18 ADC, 02 ADC, 16 PWM, 02 I<sup>2</sup>C, 02 I<sup>2</sup>S, Touch etc.</li> <li>- Connecteur USB : version 2.0</li> <li>- 03 modes de fonctionnement : AP. Client et les deux</li> <li>- 02 à bord : Réinitialisation et activation - LED rouge pour la mise sous tension : 01</li> <li>- Vcc supporté : 3.3V- Plage de tension active : 2V - 3.6V</li> <li>- Température de fonctionnement : -40° C à -125°C</li> </ul>

4	<p>Laptop</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Processeur : Intel (R), Core™, i3-3110 CPU,</li> <li>– Fréquence 2040GHz</li> <li>– RAM : 4.00 GB</li> <li>– Système : 64-bit</li> </ul>
5	<p>Tissu de coton</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Très doux pour la peau</li> <li>– Bonnes propriétés isolantes et thermiques</li> </ul>

### 2.3 SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du dispositif d'instrumentation de la posture proposé est illustré à la figure 2.

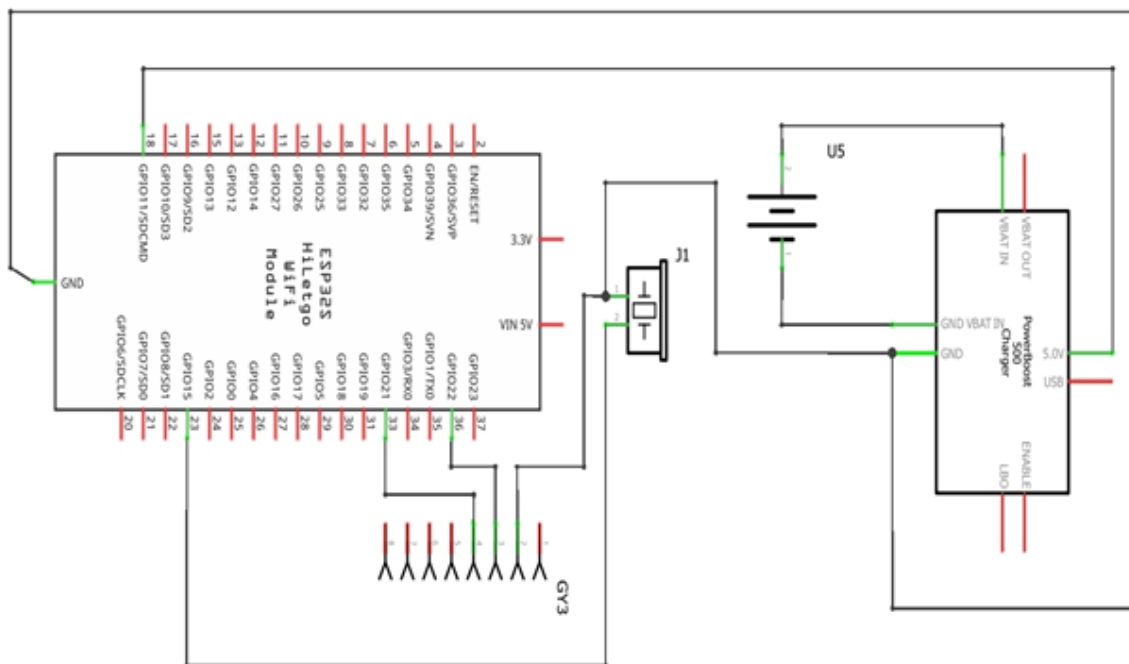


Fig. 2. Schéma de principe dans le logiciel Fritzing

Nous disposons également d'un montage virtuel pour les simulations réalisées avec le logiciel Fritzing afin d'illustrer plus précisément la façon dont les différents composants sont interconnectés.

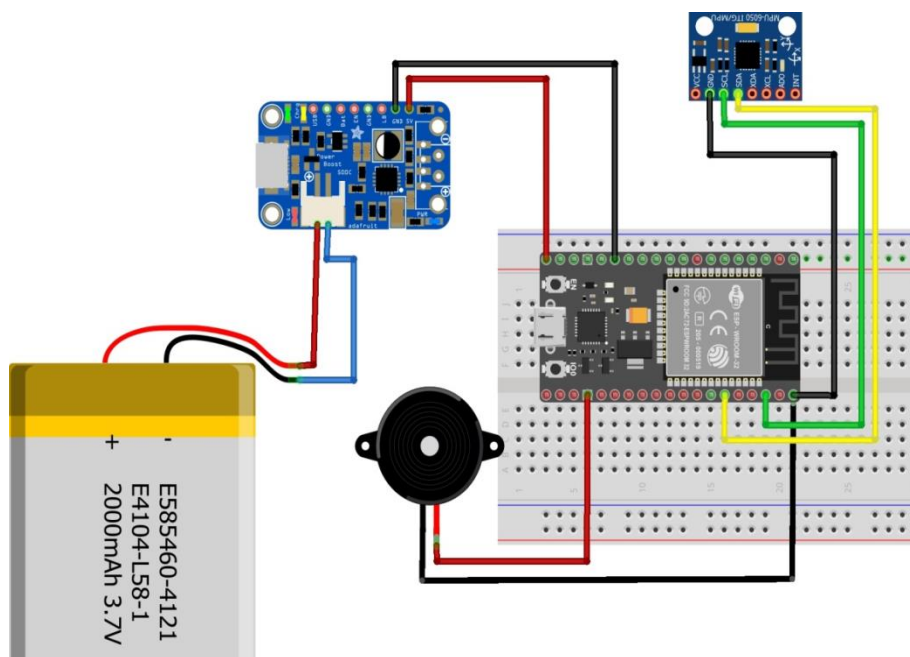


Fig. 3. Montage Virtuel du système dans le logiciel Fritzing

## 2.4 TECHNIQUES D'EXPLOITATION DES OUTILS PRINCIPAUX

### 2.4.1 MPU-6050 GYROSCOPE

L'un des composants importants et indispensables de ce système de détection de la posture est le capteur MPU 6050 qui joue un rôle vital en détectant la posture du côlon vertébral humain à l'aide de son gyroscope.

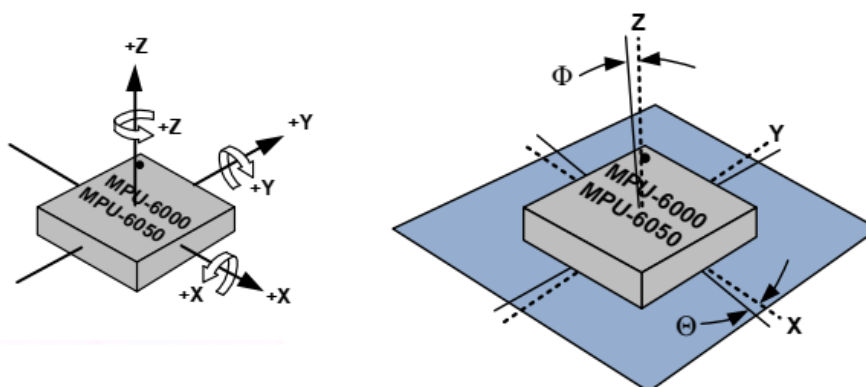


Fig. 4. Orientation des axes de sensibilité et Polarité de la rotation

### 2.4.2 PRINCIPE PHYSIQUE OPÉRATIONNEL DU GYROSCOPE

#### 2.4.2.1 MESURE DE PENTE AVEC DEUX AXES

Une méthode légèrement plus fiable pour calculer la pente consiste à utiliser deux axes. Avec lui, vous pouvez mesurer de  $-90^\circ$  à  $90^\circ$ , sans aucune perte de sensibilité. Se souvenir de la géométrie cartésienne.

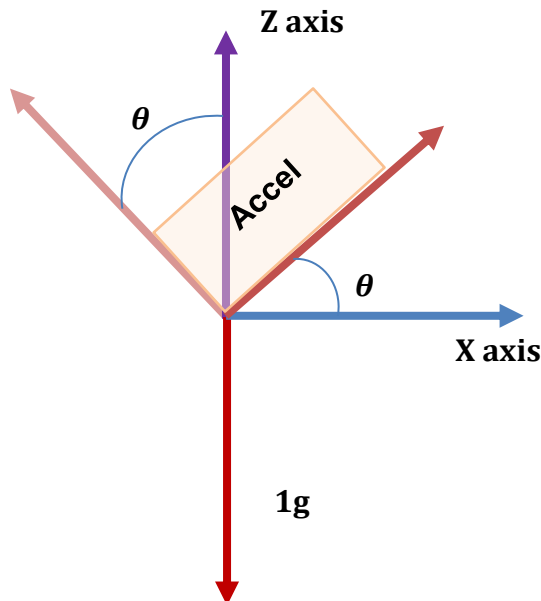


Fig. 5. Orientation des axes de sensibilité et Polarité de la rotation

$$\left\{ \begin{array}{l} \tan \theta = \frac{x}{z} \dots \dots \dots (1a) \\ \theta = \arctan\left(\frac{x}{z}\right) \dots \dots \dots (1b) \end{array} \right.$$

L'utilisation de deux axes améliore considérablement la précision de la mesure d'angle. Cependant, si votre accéléromètre tourne légèrement dans la direction de l'axe Y, les mesures seront à nouveau inexactes car certaines des composantes vectorielles de l'axe Z seront perdues par rapport à l'axe Z.

**2.4.2.2 MESURE D'INCLINAISON SUR TROIS AXES**

Pour une meilleure précision lors de la mesure de la pente, vous devez utiliser les trois axes pour déterminer l'angle. Fondamentalement, la même fonction arctan est utilisée, mais au lieu de simplement diviser par un axe, la magnitude entre deux autres axes est calculée.

$$\theta = \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{z^2+y^2}}\right) \dots \dots \dots (2)$$

Avec l'équation ci-dessus, l'angle entre le vecteur de gravité et l'axe X peut être calculé. Selon la façon dont l'accéléromètre est placé sur la surface, l'angle peut être un tangage (inclinaison) ou un roulis (rotation). Fondamentalement, vous devez déterminer quels axes seront considérés comme un tangage et un roulis. Dans ce cas, le tangage et le roulis seront calculés ainsi:

$$Pitch = \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{z^2+y^2}}\right) \dots \dots \dots (3)$$

$$Roll = \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{z^2+x^2}}\right) \dots \dots \dots (4)$$

Pour implémenter ces deux équations dans le code, on utilisera la fonction atan2, fournie par la bibliothèque Math en C et C++. La fonction atan2 renvoie l'angle en radians, alors rappelez-vous la relation entre les degrés et les radians: 1 radian =  $1 \frac{80}{\pi}$ , soit environ  $\sim 57^\circ$ .

Tableau 2. Sensibilité de l'axe transversal par rapport à l'erreur d'orientation

Erreur d'orientation ( $\theta$ ou $\Phi$ )	Sensibilité transversale ( $\sin\theta$ ou $\sin\Phi$ )
0°	0%
0.5°	0.87%
1°	1.75%

### 2.4.3 Esp32-WROOM-32

L'aspect physique et les broches d'entrée/sortie du module ESP32-WROOM-32 sont illustrés à la figure 5. Il offre 32 broches d'entrée-sortie multifonctionnelles reconfigurables et un module ESP32 intégré. Il s'agit de l'une des meilleures puces à faible coût et flexibles disponibles aujourd'hui pour les projets IOT ambitieux.

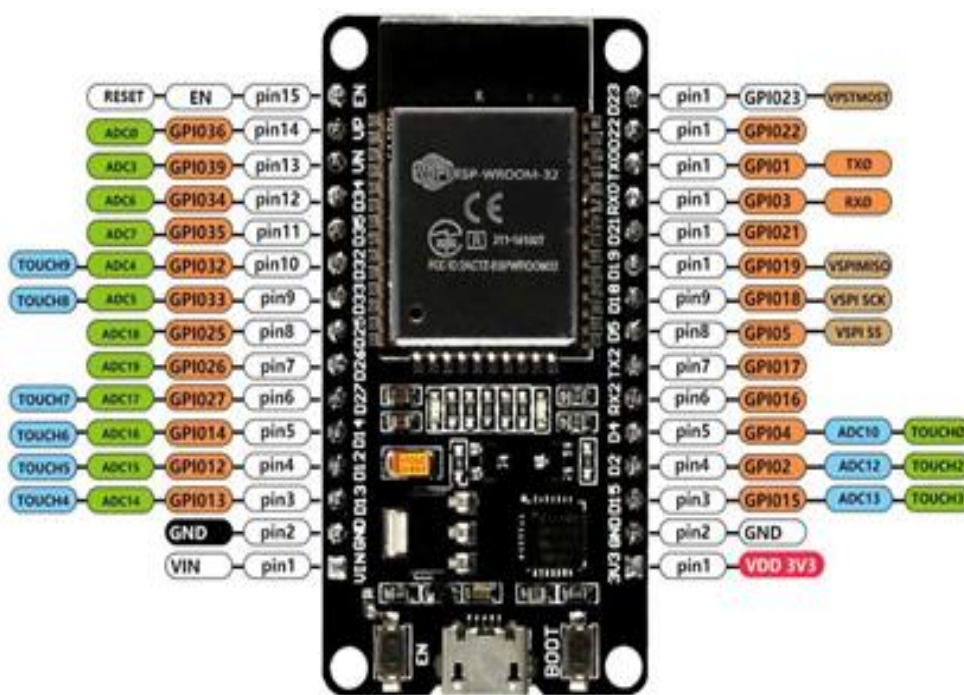


Fig. 6. Broches d'entrée/sortie du module ESP32-WROOM-32

### 2.4.4 BUZZER PIEZO PS1920P02

Cet élément piézo à basse fréquence (2kHz) est recouvert d'un traitement imperméable à l'eau. Ses dimensions physiques sont indiquées à la figure 7.

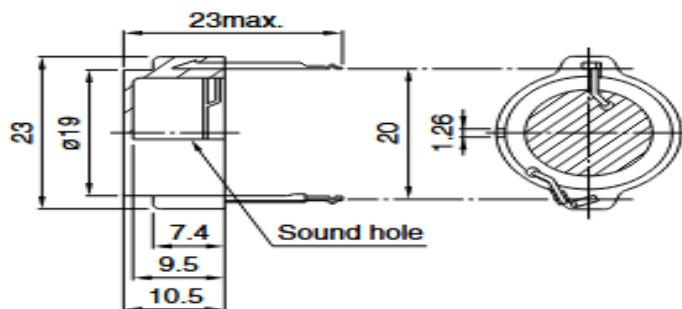


Fig. 7. Dimensions en millimètre

Les courbes de la figure 8 montrent la fréquence de réponse du buzzer lorsqu'il est activé

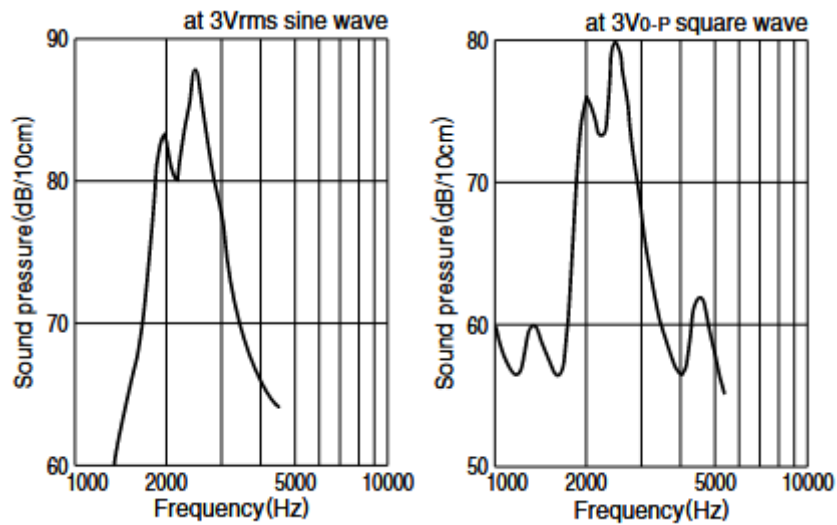







Fig. 8. Fréquence et caractéristiques de la pression acoustique

### 2.5 DIFFÉRENTS LOGICIELS UTILISÉS

L'ensemble d'applications utilisées pour la conception virtuel du correcteur de posture intelligent est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3. Récapitulatif des logiciels utilisés

Logiciel	Description
	Fritzing est logiciel libre de conception de circuit imprimé permettant de concevoir de façon entièrement graphique le circuit et d'en imprimer le typon. La richesse de la bibliothèque de Fritzing permet aux ingénieurs de bien mener leurs projets. il permet à l'utilisateur de pouvoir crée et d'apprendre à utiliser les composants électroniques.
	Il est riche en ressource de base d'exploitation tel que les éditeurs de code tutoriel, et présente à l'utilisateur une grande galerie de projet et comporte de nombreux pilote matériel préinstallé pour différent modèle de carte Arduino.
	Il est un logiciel open, qui crée des mannequins virtuel 3D ayant l'apparence humaine, sur des échelles normalisé. Le logiciel comporte plusieurs paramètres, avec un modèle transformé au moyen de facteurs d'échelle.
	Il est un logiciel gratuit alliant des nouvelles fonctionnalités 3D extrêmement performantes, indispensable pour tous ceux qui expriment leurs idées sur papier
	CP210x USB to UART bridge



## 2.6 ALGORITHME POUR DETERMINER UNE BONNE POSTURE

### 2.6.1 ORGANIGRAMME DE LA DETERMINATION DE POSTURE

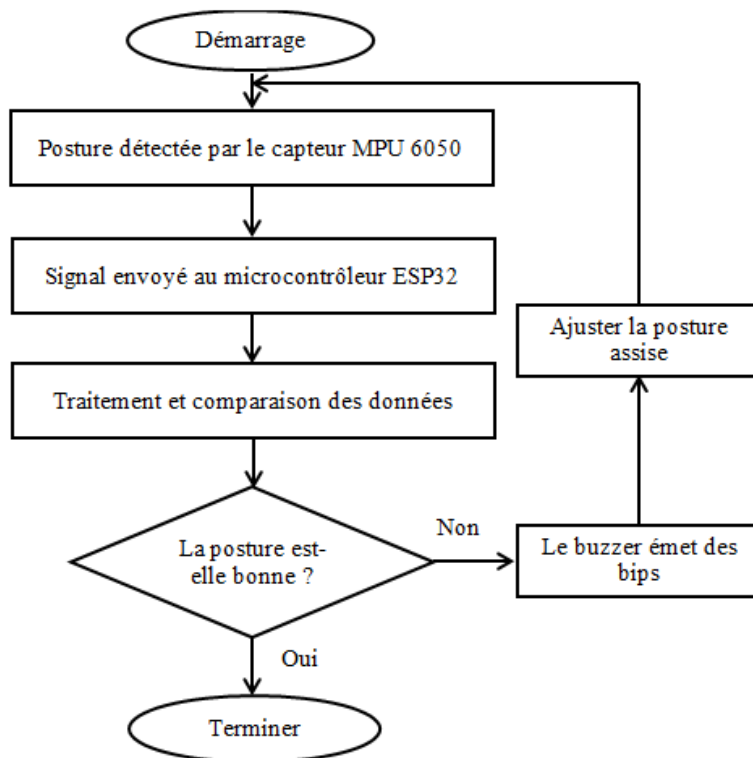


Fig. 9. Organigramme du système de détection de la posture

Le principe de fonctionnement de ce système intelligent de détection de posture est tel qu'au démarrage du système, le capteur gyroscopique MPU 6050 détecte les coordonnées de la position vertébrale ou de la posture assise et envoie des informations au microcontrôleur ESP32 qui traite ces informations en fonction du programme codé dans celui-ci. Le microcontrôleur effectue ensuite des comparaisons et détermine les sorties à envoyer. Si la position assise est correcte, il n'y aura pas de signal de sortie audible, tandis que si la position assise est incorrecte, le buzzer émettra un signal sonore pour indiquer que la position assise a besoin d'être ajustée. Lorsque le réglage est effectué, le capteur MPU 6050 détecte les coordonnées vertébrales et envoie à nouveau l'information au microcontrôleur pour traitement. Le processus se poursuit jusqu'à ce que le buzzer cesse d'émettre des bips. L'organigramme de cette opération est illustré à la figure 8.

### 2.6.2 PROGRAMMATION

L'IDE Arduino C++ a été utilisé pour traduire l'organigramme en code machine compréhensible par le microcontrôleur ESP32. Une capture d'écran du code compilé est présentée à la figure 11 avec des indications de compilation réussie. Ce code sera ensuite chargé dans le microcontrôleur ESP32 pour fonctionner.

### 2.6.3 SORTIES LOGIQUES DU SYSTÈME

Un système numérique impliquant deux variables d'entrées avec des états binaires {HIGH  $\equiv$  H, LOW  $\equiv$  L}, conduit à un total théorique de  $N = 2^2 = 4$  états différents, c'est-à-dire {0, 1, 2, 3}. Cependant, seul un état sur les deux est porteur d'une posture assise correcte significative à acquérir auprès du porteur du textile. Dans ces conditions, le tableau 4 montre la table de vérité de la décision retenue pour le développement du programme d'application Arduino.

```

sketch_may05a_MPU6050_Posture | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
sketch_may05a_MPU6050_Posture $
Wire.beginTransmission(MPU_addr);
Wire.write(0x3B);
Wire.endTransmission(false);
Wire.requestFrom(MPU_addr, 14, true);
AcX = Wire.read() << 8 | Wire.read();
AcY = Wire.read() << 8 | Wire.read();
AcZ = Wire.read() << 8 | Wire.read();
int xAng = map(AcX, minVal, maxVal, -90, 90);
int yAng = map(AcY, minVal, maxVal, -90, 90);
int zAng = map(AcZ, minVal, maxVal, -90, 90);
x = RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -zAng) + PI);
y = RAD_TO_DEG * (atan2(-xAng, -zAng) + PI);
z = RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -xAng) + PI);
if ((y <= 272 && y>=232) || (y>=172 && y<186 ))
{
  Serial.println("Bonne posture :");
  digitalWrite(4, LOW);
  noTone(buzzer);
  delay(500);
}
else
{
  Serial.println("Mauvaise posture :");
  Serial.println(y);
  digitalWrite(4, HIGH);
  tone(buzzer, 1000);
  delay(500);
}
}

Done compiling.
Sketch uses 286309 bytes (21%) of program storage space.
Global variables use 21888 bytes (6%) of dynamic memory.
    
```

Fig. 10. Compilation du code du programme dans l'IDE C++ d'Arduino

Les deux variables d'entrée du système sont la lecture du capteur MPU 6050 et le bip du buzzer. La sortie est correcte lorsque le buzzer n'émet pas de bip.

Tableau 4. de vérité pour le fonctionnement du système

ENTREES		SORTIES
MPU 6050 (A)	BUZZER (B)	Y = (NOT B)
0	0	-
0	0	-
1	0	1 (Bonne posture)
1	1	0 (Mauvaise posture)

## 2.7 PROTOTYPAGE DU DISPOSITIF DE DETECTION DE POSTURE

La figure 11 est une vue réelle d'un prototype non alimenté pour l'atelier d'expérimentation du système de correcteur de la posture. Il s'est avéré approprié pour des recherches réalistes en techniques de l'instrumentation des appareils électronique-textile. Il accentue la pratique de l'instrumentation numérique et de systèmes embarqués en ingénierie électronique. Il est important de noter que la Fig. 12, est une illustration technique de quelques images du prototype de notre nouveau dispositif électronique-textile d'ensemble, de détection/correction automatique de posture d'un employé dans un poste de travail.



Fig. 11. Prototype du dispositif électronique textile détecteur de posture

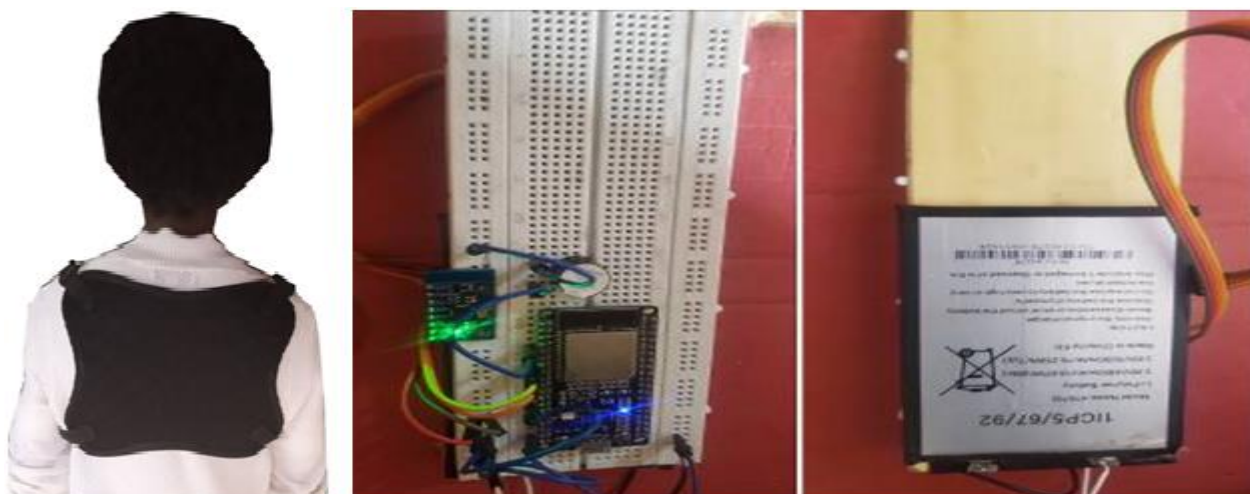


Fig. 12. Images du nouveau dispositif électronique-textile détecteur/correcteur de posture de dos

### 3 BANC D'ESSAIS DE MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF

Une image du banc d'essais complet de conception, prototype et essais de notre nouveau dispositif correcteur de posture, est présentée à a Fig. 13. Ce banc d'essais est constitué des sous-ensembles suivants:

- Ordinateur PC/Laptop équipé des outils logiciels décrits dans le tableau 1 de spécification d'outils;
- Maquette électronique-textile du dispositif automatique détection et signalisation d'état de poste
- Du support Textile de montage/fixation due a maquette électronique

Le nouveau dispositif électronique-textile d'ensemble est conçu pour port confortable au dos d'un employé dans un poste de travail effectif.

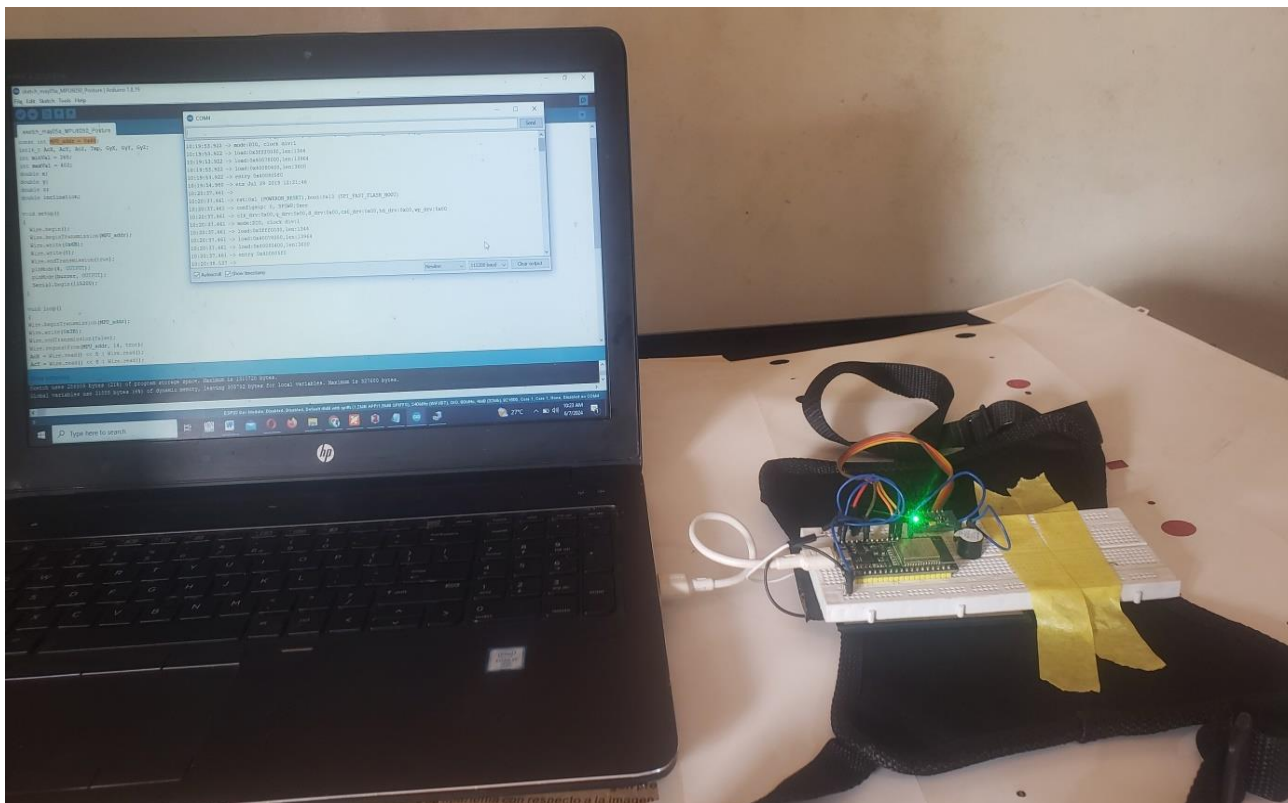


Fig. 13. Banc d'essais du système de détection de posture

#### 4 RESULTATS DE DETECTION DE L'ETAT DE POSTURE

Le capteur MPU6050 (voir Figs 4 et 5 ainsi que les équations (1) à (5)), émet trois signaux dans les directions x, y et z comme indiqué dans le tracé des figures 14 et 15. Si la valeur du tracé se situe dans la tolérance définie, le buzzer émettra un son pour indiquer une mauvaise posture, sinon aucun son n'est émis signifiant une bonne posture.

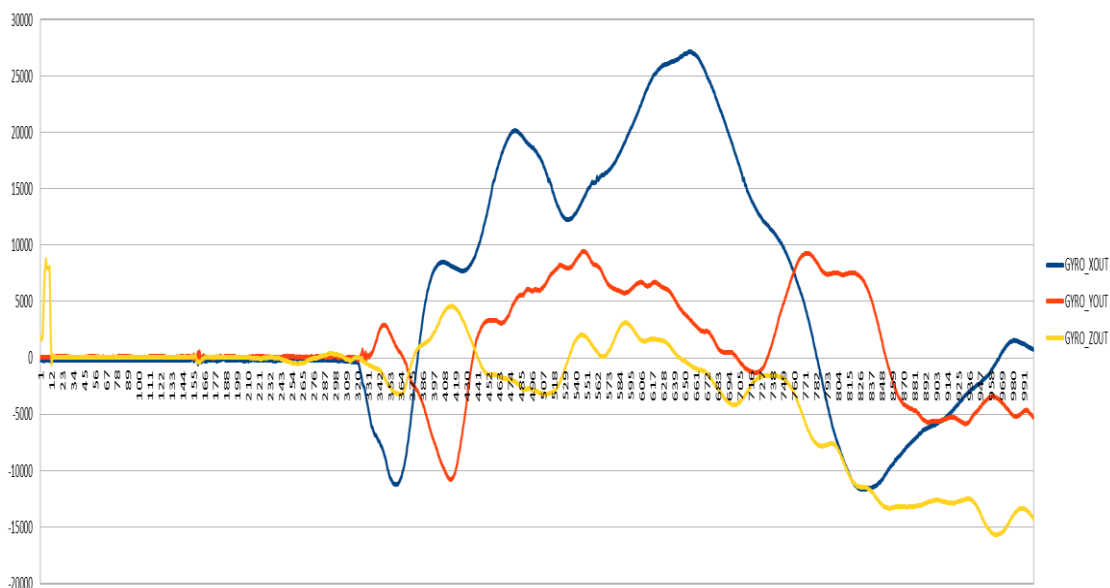


Fig. 14. Signalisation d'une bonne posture

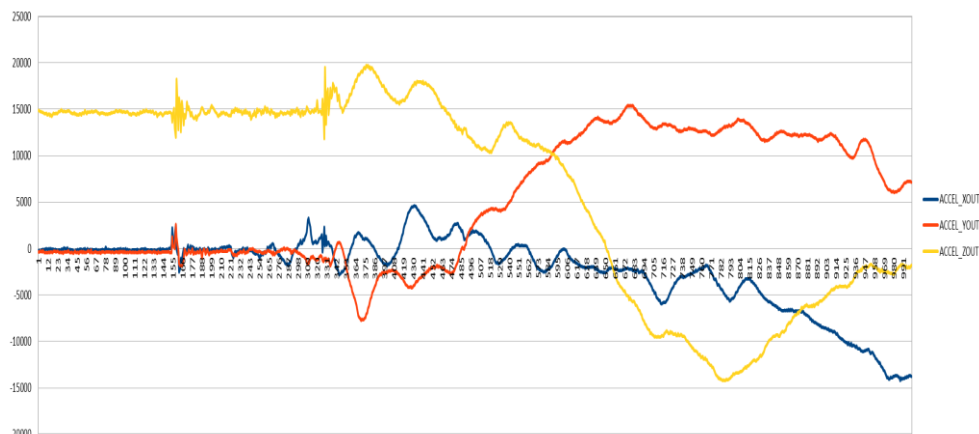


Fig. 15. Signalisation d'une mauvaise posture

#### 4.1 ESSAIS DU DISPOSITIF SUR UN EMPLOYE MANNEQUIN ASSIS

##### 4.1.1 CAS D'UNE BONNE POSTURE

La bonne posture se caractérise par la forme S de la colonne vertébrale. Sur la figure 16 l'employé mannequin étant assis droitement, le correcteur détecte une pression. Ici le buzzer n'émet pas le signal car il y'a pas lieu d'une mauvaise posture.



Fig. 16. Détection d'une bonne posture

##### 4.1.2 CAS D'UNE MAUVAISE POSTURE

Une mauvaise posture est caractérisée par la forme C. Sur la figure 17 lorsque Accel\_Xout est supérieur à 0.24 et inférieur à 2.0, Accel\_Yout supérieur à 0.00 et inférieur à 2.0, Accel\_Zout supérieur à 1 et inférieur à 499.00 le buzzer siffle tant que l'individu n'a pas pris une bonne posture celui-ci continu de siffler. Il y'a beaucoup d'encadrement de valeur à introduire car le prototype est extrêmement sensible.



*Fig. 17. Détection d'une mauvaise posture*

## 5 DISCUSSIONS GÉNÉRALES

Le code logiciel est verrouillé sur la transition unidirectionnelle des informations de l'ESP32 vers le buzzer et non l'inverse. Ceci afin d'éviter les interruptions des utilisateurs et également d'obtenir des données précises et exactes sur l'état de la posture du dos. Comme on le voit c sur la figure 14, le sujet humain a une bonne position assise tandis que sur la figure 15, la personne a une mauvaise position assise, ce qui est indiqué par le son du buzzer en temps réel.

Le prototype final est entièrement recouvert d'un matériau textile en coton doux pour former un système intégré sous la forme d'un dispositif textile électronique, comme le montre la figure 17.

## 6 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté un nouveau dispositif numérique intelligent basé sur ESP32, pour l'acquisition d'informations sur la posture assise et la signalisation d'une mauvaise posture par un signal sonore. Le système conçu réagit en détectant le positionnement des coordonnées vertébrales lorsqu'une personne est assise elle envoie un signal sonore précis par l'intermédiaire de l'avertisseur. Le dispositif envoie également des informations via Bluetooth sur un smart phone ou un laptop. Le système de détection de la posture a été conçu pour améliorer la collecte de données non invasives sur la position assise du dos à la convenance de l'utilisateur en lui permettant d'écouter et de ressentir le signal sonore de l'avertisseur en cas de mauvaise posture. Une autre fonction efficace du système est que lorsqu'un utilisateur n'essaie pas d'interagir avec le système, il n'y a pas d'interruption des informations envoyées à l'appareil compagnon. Les essais obtenus en testant le prototype expérimental correcteur de posture sur un employeur mannequin, ont été satisfaisants. Nos recherches futures porteront sur la tenue d'une campagne d'essais de ce premier dans plusieurs environnements professionnels et industriels, en vue de collecter une base de données techniques, qui nous sera utile pour la mise au point d'un prototype commerciale plus fiable et brevetable.

## REFERENCES

- [1] K. Srivastava and K. Kaur, «Stability of Impulsive Differential Equation with any Time Delay,» *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 2, no. 3, pp. 280–286, 2013.
- [2] O. V. ADEOLUWA, O. S. ABODERIN, and O. D. OMODARA, «An Appraisal of Educational Technology Usage in Secondary Schools in Ondo State (Nigeria),» *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 2, no. 3, pp. 265–271, 2013.
- [3] Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 2nd Ed. Wiley India Pvt. Limited, 2007.
- [4] C. Tichi, *Electronic Hearth: Creating an American Television Culture*, Oxford University Press, 1991.
- [5] A. R. Jennings, *Financial Accounting*, Cengage Learning EMEA, 2001.
- [6] Mettam, G. R., and Adams, L. B., *How to prepare an electronic version of your article*, In: B. S. Jones, and R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age*, New York: E-Publishing Inc, pp. 281-304, 1994.
- [7] O'Neil, J. M., and Egan, J., Men's and women's gender role journeys: A metaphor for healing, transition, and transformation, In: B. R. Wainrib (Ed.), *Gender issues across the life cycle*, New York, NY: Springer, pp. 107-123, 1992.
- [8] Smith, Joe, *One of Volvo's core values*, 1999. [Online] Available: <http://www.volvo.com/environment/index.htm> (July 7, 1999).