

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En Génie Électrique et Électronique

Spécialité Instrumentation

Par : Heddadji Fatima Zohrae et Ennebati Marwa

Sujet

Systeme d'acquisition des données pour cycliste

Soutenu publiquement, le **23 / 06 /2025**, devant le jury composé de :

M Massoum Noreddine	MCB	Université de Tlemcen	Président
Mme Rahou Fatima Zohra	MCA	Université de Tlemcen	Examinateur
M Bourssali Amine	MCB	Université de Tlemcen	Encadreur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

A la fin de ce travail, nous tenons d'abord à remercier Dieu Tout-Puissant pour Ses bénédictions et Ses conseils qu'Il nous a accordés, qui nous ont permis de réaliser ce travail de recherche en bonne santé et bien-être. Sans sa miséricorde et sa grâce, nous ne serions pas ici aujourd'hui pour célébrer cette réussite.

Avant tout, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à notre encadrant, M. Boursali Amin, maître de conférences classe B à l'Université de Tlemcen. Nous apprécions non seulement sa supervision engagée, mais aussi sa disponibilité constante, sa patience et sa générosité à partager ses savoirs et ses recommandations.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude aux membres du jury : Monsieur Maasoum Norredine, Président du jury et Maître de conférences Catégorie B à l'Université de Tlemcen, ainsi qu'à Madame Rahou Fatima-Zohra, examinatrice et Maître de conférences Catégorie A à la même université, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce mémoire et de participer à la cérémonie de remise des diplômes.

Nous tenons également à remercier toute l'équipe pédagogique du Département de GEE de Faculté de technologies de Tlemcen ainsi que les professionnels impliqués dans notre formation.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude à tous ceux qui nous ont soutenus, qu'ils soient notre famille, nos amis ou nos collègues. Leur confiance constante en nous et leurs encouragements ont été un facteur clé pour nous permettre d'avancer et d'atteindre cette étape.

Nous vous remercions encore une fois du fond du cœur pour votre précieux soutien.

Dédicace

Nous demandons à Dieu le Très Miséricordieux d'accepter cette bonne œuvre de ma part et d'en faire bénéficier les autres de plusieurs manières. Nous espérons que cet ouvrage sera une source de connaissances et d'inspiration pour ceux qui le liront.

Je dédie cet ouvrage à mes parents : ma chère mère Rahma et mon cher père Abdul Qader, qui ont toujours été mon refuge, ma force et la source de mon soutien, de mon amour et de mes encouragements. Grâce à eux, je suis devenue la personne que je suis aujourd'hui.

À mes chers parents et à ma grand-mère Ftima :

Qu'Allah vous protège et vous récompense pour chaque prière, chaque conseil et chaque sourire.

À celui qui fait de son mieux et n'arrête jamais d'essayer malgré les difficultés, à mon cœur qui ne faiblit jamais malgré la fatigue.

À mon frère Elarbi, mon frère Mohammed, ma chère sœur Khadija Lamia, et mes belles-sœurs Sakina et Fatima.

Aux jeunes enfants Mohammed, Amira, Wassim, Amir, Mouad, Rahil.

À la famille Ennebati, à la famille Askeur, que Dieu ait pitié de leurs morts.

À mon âme sœur, ma deuxième sœur, mes cousines Abir, Hassiba, Asma.

Et à mes chers amis, pour avoir été la joie de ma vie et une source constante d'inspiration et de motivation quand il était difficile de continuer, en particulier ma compagne sur le champ de bataille, Fatima-Zahrae, qui illumine ma vie.

Ennebati Marwa

Dédicace

Je prie Dieu Tout-Puissant d'accepter ce travail de ma part et de le rendre bénéfique et une source d'inspiration pour tous ceux qui le liront. Je dédie ceci à mes chers parents, source d'amour, de soutien et d'encouragement, qui ont eu le plus grand impact sur qui je suis aujourd'hui.

À mon âme qui est restée éveillée tard et a lutté dans la poursuite de la connaissance, à mes honorables professeurs, mon regretté professeur Faress Houssein et mon cher grand-père, que Dieu Tout-Puissant ait pitié d'eux deux. Je dédie ce livre à tous ceux qui continuent à lutter malgré les défis. À mes frères et à ma famille, en particulier ceux qui s'appellent Heddadji, qui ont toujours été mon soutien. À mes chers amis, qui avez toujours été une source de joie, d'énergie et de soutien. À ma partenaire dans le projet, Marawa, et à mes amis, Souhila, Abir, Ghania et Halima. Merci d'être ma source de force dans les moments les plus difficiles.

Je remercie tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de ce parcours, et je dis : Merci du fond du cœur, car vous m'avez permis de réaliser cet accomplissement.

Heddadji Fatima Zohra

Résumé

Dans cette recherche, nous avons analysé, développé et mis en œuvre un système qui fournit aux cyclistes des informations pertinentes sur l'itinéraire pour surveiller leurs performances, telles que l'inclinaison, la vitesse et la température. Ce projet a été créé à l'aide d'une carte Arduino, d'un contrôleur intelligent sans fil ESP8266, d'un module inertiel MPU-6050, d'un capteur à effet Hall A3144, d'un capteur de température LM35 et d'un logiciel de programmation approprié. L'objectif est d'améliorer leurs performances sportives dans tous les aspects.

Mots-clés : Acquisition de données, Cycliste, Arduino Uno, NodeMCU, MPU6050, WIFI, MIT App Inventor, Application Mobile.

Summary

In this research, we analyzed, developed, and implemented a system that provides cyclists with relevant route information to monitor their performance, such as incline, speed, and temperature. This project was created using an Arduino board, an ESP8266 wireless smart controller, an MPU-6050 inertial module, an A3144 Hall effect sensor, an LM35 temperature sensor, and appropriate programming software. The goal is to improve their athletic performance in all aspects.

Keywords : Data Acquisition, Cyclist, Arduino Uno, NodeMCU, MPU6050 Sensor, WIFI, MIT App Inventor, Mobile Application.

ملخص

في هذا البحث، قمنا بتحليل وتطوير وتنفيذ نظام يوفر لراكبي الدراجات معلومات الطريق ذات الصلة لمراقبة أدائهم، مثل الميل والسرعة ودرجة الحرارة. تم إنشاء هذا المشروع باستخدام لوحة Arduino ، ووحدة تحكم ذكية لاسلكية ESP8266 ، ووحدة القصور الذاتي MPU-6050 ، ومستشعر تأثير هول A3144 ، ومستشعر درجة الحرارة LM35 ، وبرامج البرمجة المناسبة. الهدف هو تحسين أدائهم الرياضي في كافة الجوانب.

الكلمات المفتاحية: اكتساب البيانات، الدراج، Arduino Uno ، NodeMCU ، WIFI ، MPU6050 ، MIT App Inventor ، تطبيق الهاتف المحمول.

Table des matières

Remerciements	I
Résumé	IV
Liste de figures	VIII
Liste des tableaux	X
Liste des abréviations	XII
Introduction général	XIII
Introduction général	XIV
I. Chapitre 1 : La chaîne d'acquisition en Général	1
1. Introduction :	2
2. Définition d'une chaîne d'acquisition :	2
3. Rôle d'une chaîne d'acquisition (ou de mesure)	3
4. Les composants d'une chaîne d'acquisition :	3
4.1. Le capteur :	3
4.2. Conditionnement du signal :	8
4.3. Convertisseur Analogique Numérique (CAN/ADC) :	11
4.4. Unité de traitement (Le Microcontrôleur) :	14
5. Utilisation des chaînes d'acquisition :	15
5.1. Domaine d'application :	15
5.2. Les chaînes d'acquisition pour la surveillance des performances sportives :	16
5.3.Systèmes intégrés pour cyclistes : 17	
6 Conclusion :	20
II. Chapitre 2 : Conception matérielle	22
1. Introduction	23
2. Architecture :	23
2.1. Unité de traitement (CPU) :	24
2.2. Mesure de l'inclinaison :	31
2.3. Mesure de la vitesse :	35
2.4. Mesure de la température :	36
2.5. Module de connectivité :	40
3. Réalisation pratique :	43

4.	Conclusion :.....	43
III.	Chapitre 3 : Conception logiciel.....	44
1.	Introduction :.....	45
2.	Partie software.....	45
2.1.	Arduino IDE :.....	45
2.2.	Mit app inventor :.....	51
2.3.	Description du programme :.....	54
2.4.	Transmission des données via Wi-Fi avec l'ESP8266.....	55
3.	Application Bicycle App :.....	56
4.	Tests de fonctionnement et validation :.....	59
5.	Conclusion.....	60
	Conclusion général.....	62
	Conclusion général.....	63
	Références.....	64

Liste de figures

Figure I-1: Constituants globaux d'une chaîne d'acquisition [2].....	3
Figure I-2: Structure d'un capteur [4]	4
Figure I-3: Effet thermoélectrique [6]	5
Figure I-4: Effet pyroélectrique [7]	5
Figure I-5: Effet photovoltaïque [7]	5
Figure I-6: Effet piézo-électrique [7]	6
Figure I-7: Effet hall [6]	6
Figure I-8: Effet induction électromagnétique [7]	6
Figure I-9: Illustration des notions fidélité, justesse et précision [8]	8
Figure I-10: Amplification du signal [10]	9
Figure I-11: Les fonction de filtres [12]	11
Figure I-12: (i) signal analogique (ii) signal échantillonné (iii) puis quantifié [13]	12
Figure I-13: Illustration des différentes applications des chaines d'acquisitions	16
Figure I-14: MAXQ2000 BIKE MONITOR [21]	18
Figure I-15: Garmin Edge 530 [22].....	19
Figure I-16: Wahoo Elemnt Bolt V2 [23]	20
Figure II-1 : Schéma bloc du fonctionnement global de ce système.	23
Figure II-2: Arduino Uno [26]	25
Figure II-3: Descriptions de la carte Arduino UNO	27
Figure II-4: Alimentation de la carte Uno [25]	27
Figure II-5: Types de prise à utiliser avec la carte Uno [25].....	28
Figure II-6: Le microcontrôleur ATMEGA328P [26]	29
Figure II-7: Broches d'entrées sorties numériques. [27].....	30
Figure II-8: Broches d'entrées sorties analogique de l'Arduino [27].....	30
Figure II-9: Brochage du MPU6050 [31].....	33
Figure II-10:MPU6050 [31]	33
Figure II-11:13Interface MPU6050 avec Arduino [31]	34
Figure II-12: capteur a effet hall [33]	35
Figure II-13: Branchement du capteur A3144 vers la carte Arduino [34]	35
Figure II-14: Différentes gammes de capteurs de température LM35 [36]	37
Figure II-15: Architecture interne d'un LM35 [36]	38
Figure II-16: les broches de LM35 [36]	38
Figure II-17: brochage du capteur LM35 à l'Arduino [37]	39
Figure II-18:ESP8266-12E NodeMCU [43]	40
Figure II-19: Broches de NodeMCU (ESP8266) [39]	41
Figure II-20: Le Schéma électrique.....	43
Figure III-1: Structure du langage Arduino.....	46
Figure III-2:L'interface de l'IDE Arduino.	47
Figure III-3: Les boutons de l'interface Arduino IDE	48
Figure III-4:Arduino IDE-Préférences	50
Figure III-5 : Ajout d'ESP8266 dans le board manager.....	50

Figure III-6:L'installation de board ESP8266.....	50
Figure III-7: Le choix de carte NodeMCU 1.0 (Module ESP-12E).....	51
Figure III-8: Interface de conception d'App Inventor affichée dans le mode Designer.....	52
Figure III-9 : Fenêtre Blocks sous MIT App Inventor	53
Figure III-10: Méthodes disponibles pour la création du fichier APK à partir d'un projet App Inventor	53
Figure III-11: Organigramme général du programme du système embarqué pour cyclise	54
Figure III-12: Représentation de la partie Designer et Blocs de l'écran 1	56
Figure III-13: Interface du deuxième écran.....	57
Figure III-14: Fonction d'initialisation de données de l'écran 2.....	57
Figure III-15:: Commande de récupération de données via un bouton.....	58
Figure III-16: Affichage des données reçues d'ESP8266	59
Figure III-17: système d'acquisition des données pour vélo avec une alimentation USB.....	59
Figure III-18 : Résultats d'inclinaison, vitesse et température observés sur la BicycleApp....	59

Liste des tableaux

Tableau I-1: Comparaison des principaux types de CAN [14]	13
Tableau I-2: Fonctionnalités Techno-Bike [20]	17
Tableau I-3: Caractéristique du système Techno-Bike [20].....	17
Tableau I-4: Caractéristique du système MAXQ2000 BIKE MONITOR [21]	18
Tableau I-5: Spécifications du système Garmin Edge 530 [22].....	19
Tableau I-6: Spécifications du système Wahoo Elemnt Bolt V2 [23]	20
Tableau II-1: Caractéristique de l'Arduino Uno [24].....	25
Tableau II-3 : les pins d'Arduino Uno [24].....	26
Tableau II-4: Valeurs de tensions et de courants à respecter [25].....	28
Tableau II-5: Brochage de MPU6050 [31]	33
Tableau II-6: Brochage du capteur d'effet Hall A3144 [34]	36
Tableau II-7 : les fonctions de chaque broche du nœud MCU [40].....	42
Tableau III-1: les fonctions des boutons dans Arduino IDE	49
Tableau III-2: Présentation des composants de l'interface Designer – App Inventor.....	52
Tableau III-3: Caractéristiques de notre système pour un vélo.....	60
Tableau III-4: Comparaison des caractéristiques entre les systèmes étudiés.....	60

Liste des abréviations

UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter.

SPI : Serial Peripheral Interface.

MCU : Microcontroller Unit.

ECG : Électro cardio gramme.

CPU : Central Processing Unit.

RPM : Révolutions Per Minute.

DMP : Digital Motion Processor.

Iot : Internet of Things.

BF : Basses Fréquences.

HF : Hautes Fréquences.

I2C : Inter-Integrated Circuit.

GPIO : General Purpose Input / Output.

IDE : Integrated Development Environment.

Introduction général

Introduction général

Avec l'évolution rapide des technologies intégrées et de l'Internet des objets (IoT), la collecte et l'examen des données en direct s'imposent comme des facteurs essentiels dans plusieurs secteurs, dont le sport. Le cyclisme, l'une des disciplines sportives les plus populaires, se démarque par sa rigueur en matière de suivi des performances, de sécurité et d'optimisation des efforts. Dans ce cadre, l'élaboration d'un système de collecte de données pour les cyclistes représente une avancée technologique encourageante afin de contrôler en direct les indicateurs clés liés à l'environnement et aux performances physiques du cycliste.

Un système d'acquisition de données (SAD) est un ensemble d'équipements électroniques conçus pour collecter, gérer et transmettre des informations à partir d'un environnement ou d'un système physique. Pour notre projet, nous mettons en œuvre un système intégré capable de mesurer des paramètres tels que la température (via le capteur LM35), la vitesse de rotation (via le capteur magnétique 3144), ou encore les mouvements du cycliste (via le capteur inertiel MPU6050). Ces données peuvent ensuite être envoyées sans fil, notamment à l'aide d'un module Wi-Fi (ESP8266), vers une application mobile développée avec MIT App Inventor, pour un affichage intuitif et immédiat.

Ce projet deviendra une entreprise d'électronique avec des avantages pour la santé et le fitness. Cela s'applique aux concepts d'automatisation, aux microcontrôleurs, aux fichiers de communication ainsi qu'à l'interface utilisateur.

L'objectif principal de ce projet est de développer un système intégré intelligent, capable de mesurer divers paramètres physiques lors des courses cyclistes. Il vise également à assurer la transmission sans fil de ces informations vers une interface utilisateur intuitive et facile à utiliser, qui permet un suivi direct des performances, de la condition physique et de l'environnement du cycliste.

Comment élaborer un système de collecte de données intégré, précis et en temps réel, capable d'évaluer les conditions de pilotage et la performance d'un cycliste, tout en garantissant une interface conviviale pour l'utilisateur à travers une application mobile ?

Introduction Générale

Le premier chapitre de cet ouvrage fournit un aperçu complet des systèmes d'acquisition de données, décrivant leur rôle, leurs composants, leurs utilisations, nous avons également étudié d'un groupe de systèmes similaires au système proposé, afin de comprendre leur mécanisme et d'identifier les similitudes et les différences. Cela a donné lieu à une conception plus efficace et plus précise.

Le deuxième chapitre se concentre en détail sur la présentation des différents éléments utilisés dans la mise en œuvre du projet. Un examen individuel des composants utilisés, à savoir le LM35, le 3144, le MPU6050, l'Arduino Uno et l'ESP8266, y compris une description de leurs connexions et une étude de leurs caractéristiques. Nous passons ensuite à la mise en œuvre pratique de notre projet

Le troisième chapitre se concentre sur la partie logicielle du système d'acquisition, en décrivant les phases impliquées dans l'élaboration des algorithmes chargés de l'acquisition, du traitement et de la diffusion des données des capteurs par le biais du Wi-Fi. Suite à une présentation détaillée d'Android et de l'environnement de développement MIT App Inventor, nous montrons comment créer une application sur mesure destinée à présenter des données

I. Chapitre 1 : La chaîne d'acquisition en Général

1. Introduction :

L'acquisition et l'étude des données se révèlent indispensables dans plusieurs secteurs, notamment la santé, le sport et la recherche scientifique. En conséquence, un cycliste peut tirer profit d'informations détaillées concernant son activité (telles que la vitesse, la température ambiante et l'inclinaison) non seulement pour optimiser ses performances, mais également pour contrôler de manière plus efficace sa condition physique et son environnement.

Le processus repose sur la chaîne d'acquisition de données, un agencement organisé de composants qui facilite la capture, la conversion, le traitement et la transmission des signaux provenant de divers capteurs.

Dans ce chapitre, nous présenterons de manière exhaustive la structure et les fondamentaux du processus d'acquisition. Nous effectuerons la transition, nous examinerons les différentes étapes qui le composent, les types de capteurs utilisés, ainsi que les techniques de traitement du signal et les utilisation des chaînes d'acquisition.

2. Définition d'une chaîne d'acquisition :

L'acquisition de données est formée de différents éléments qui permettent de distinguer la valeur précise de la mesure de quelque chose et de la transmettre au destinataire pour qu'il puisse la comprendre ou en tirer profit dans divers domaines. Cette chaîne se compose de phases interconnectées, y compris la collecte, la transformation, le traitement, le transport, puis l'affichage ou le stockage des données.

La chaîne d'acquisition est utilisée dans un large éventail de domaines, y compris l'industrie, L'exploration scientifique, la médecine et les systèmes de contrôle intelligents, car elle contribue à la collecte et à l'analyse des données environnementales avec précision. Dans une application pratique, lorsque nous introduisons un signal sinusoïdal contenant du bruit, la chaîne d'acquisition le traduit en données numériques précises, réduisant ainsi le bruit et garantissant des mesures fiables en sortie. Cela est réalisé en utilisant des capteurs, des convertisseurs analogique-numérique (ADC), des unités de traitement telles que les microcontrôleurs et des techniques de traitement du signal [1].

Les dispositifs d'acquisition de données sont principalement utilisés pour quantifier des phénomènes physiques tels que : [2]

- Température

- La vitesse
- La tension
- Le courant
- Chocs et vibrations
- Distance et déplacement
- RPM, angle et phénomènes discrets

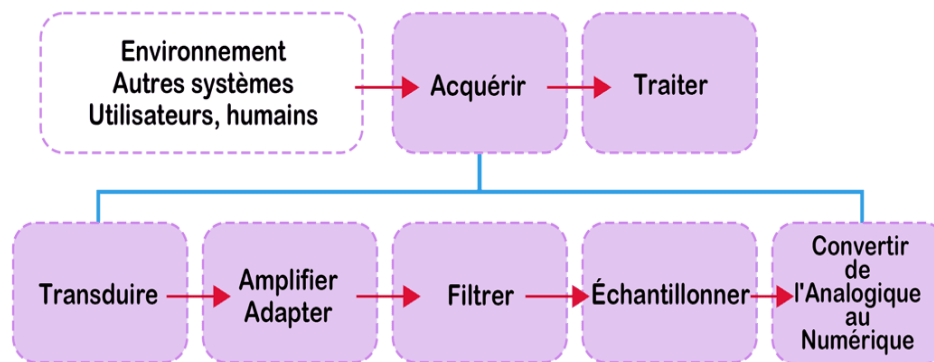


Figure I-1: Constituants globaux d'une chaîne d'acquisition [2]

3. Rôle d'une chaîne d'acquisition (ou de mesure)

Le rôle de la chaîne d'acquisition est de collecter les données essentielles pour comprendre l'état d'un système donné, d'attribuer une valeur à une mesure qui représente une propriété physique ou chimique de ce système, puis d'acheminer ces informations de manière appropriée pour les exploiter dans diverses applications. [3]

4. Les composants d'une chaîne d'acquisition :

4.1. Le capteur :

4.1.1. Définition :

Un capteur est un élément électronique qui convertit une grandeur physique mesurée m en une grandeur généralement électrique. Cette mesure peut se présenter sous forme de courant, de charge ou de tension notée s [4].

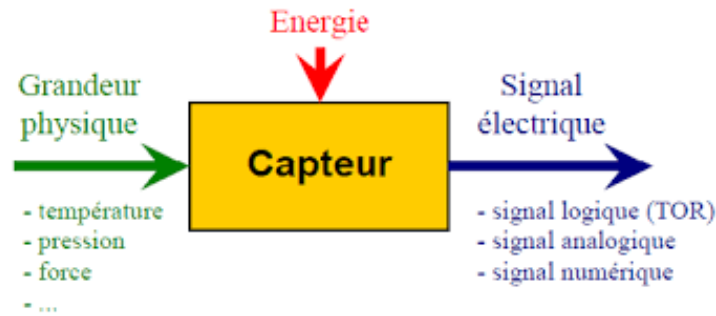


Figure I-2: Structure d'un capteur [4]

4.1.2. Type des capteurs :

Si l'on se penche sur les phénomènes physiques impliqués dans les capteurs, on peut les catégoriser en deux catégories [5] :

- Capteurs actifs
- Capteurs passifs

a. Les capteurs actifs :

Les capteurs actifs agissent comme des générateurs, s'appuyant généralement sur des phénomènes physiques pour convertir une certaine forme d'énergie (énergie thermique, mécanique ou radiante) en énergie électrique. Cela permet de convertir fidèlement la grandeur physique à mesurer (le mesurant). La source ainsi formée produit un signal électrique qui peut être sous forme de charge, de tension ou de courant [5].

b. Les capteurs passifs :

Les capteurs passifs sont des dispositifs sans alimentation intégrée et leur mode de fonctionnement est basé sur le changement d'impédance (résistance, inductance ou capacité) en réponse aux changements du paramètre mesuré. Ce changement ne peut être quantifié qu'à l'aide d'un circuit de régulation alimenté par une alimentation externe. Ces capteurs sont faciles à intégrer et sont particulièrement adaptés à des applications spécifiques telles que la surveillance environnementale, la surveillance spatiale et aéronautique ou les dispositifs médicaux qui nécessitent de petites unités de mesure très précises, passives et fiables [5].

4.1.3. Effets physiques des différents capteurs

Effet Thermoélectrique :

Un circuit constitué de deux capacités de différentes propriétés chimiques, ses intersections sont exposées à des températures T_1 et T_2 , présente une force électromotrice $e(T_1, T_2)$. [6]

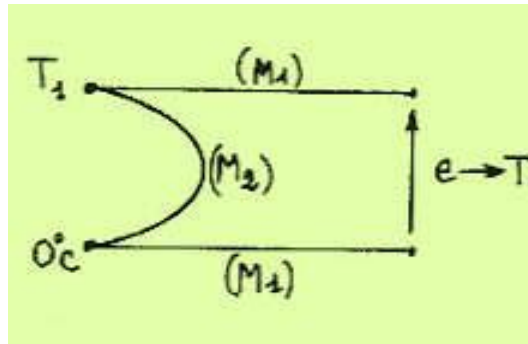


Figure I-3: Effet thermoélectrique [6]

Effet pyroélectrique :

Certains cristaux présentent une polarisation spontanée qui fluctue avec leur température. [7]

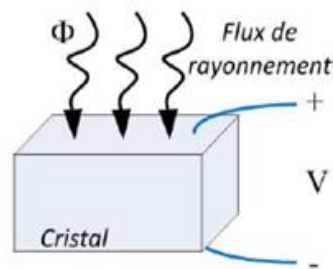


Figure I-4: Effet pyroélectrique [7]

Effet photovoltaïque :

Le rayonnement lumineux engendre la libération d'électrons et de trous à proximité de la jonction PN, modifiant ainsi le potentiel à ses bornes. [7]

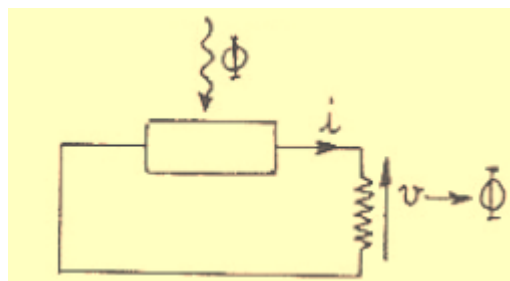


Figure I-5: Effet photovoltaïque [7]

Effet piézo-électrique :

L'application d'une pression mécanique à certains matériaux appelés matériaux piézoélectriques (comme le quartz) entraîne une déformation et la génération d'une charge électrique polarisée sur les faces opposées sur les côtés en face. [7]

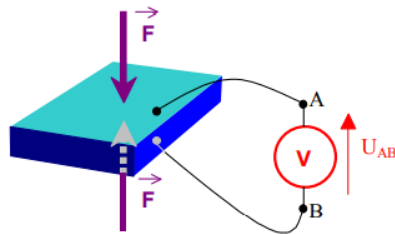


Figure I-6: Effet piézo-électrique [7]

Effet hall :

Quand un champ magnétique est mis en œuvre à un conducteur ou semi-conducteur mince, une tension appelée tension de Hall $V_H = K_H \cdot I \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ apparaît entre ses bords, K_H dépendant du matériau. [6]

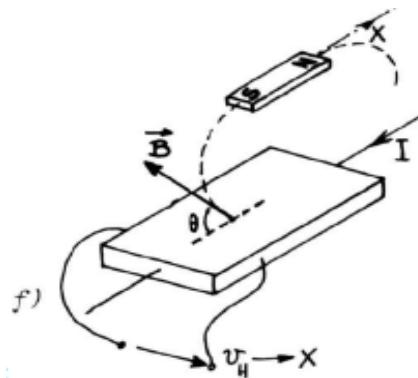


Figure I-7: Effet hall [6]

Effet induction électromagnétique :

Quand un conducteur ou un aimant se déplace, une force électromotrice est générée dans le circuit. Elle est directement liée à la rapidité du mouvement et s'oppose à la modification du flux magnétique. [7]

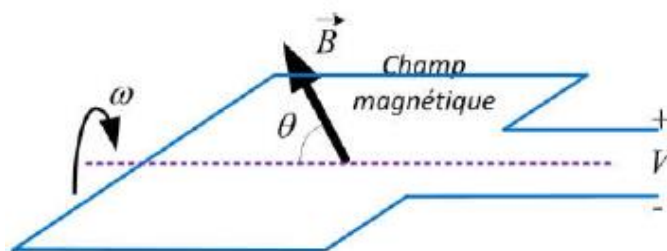


Figure I-8: Effet induction électromagnétique [7]

4.1.4. Caractéristiques principales d'un capteur :

1. **L'étendue de la mesure :** Il s'agit de la différence entre le signal le plus faible détecté et le signal le plus fort qui peut être perçu hors de cette période, les performances du capteur ne sont pas assurées.

$$E.M. = m_{max} - m_{min}$$

2. **La résolution :** C'est la variation la plus infime du mesurant qui peut être détectée celle du mesurant.
3. **Les caractéristiques statiques :**
 - A. **Fidélité :** Aptitude du capteur à produire des réponses répétitives proches entre elles, même si ces dernières sont éloignées de la valeur réelle.
 - B. **Justesse :** Capacité du capteur à fournir une mesure proche de la valeur exacte, même si les résultats sont peu fidèles.
 - C. **Précision :** La précision appelée aussi exactitude, Elle englobe les deux concepts de fidélité et de justesse.
4. **La sensibilité :** La sensibilité S_v d'un capteur représente la variation de la grandeur de sortie ΔS en relation avec la grandeur d'entrée ΔM autour d'un point de mesure spécifique.

5. **Temps de réponse** : C'est le temps essentiel pour la réponse du capteur atteigne x % de l'écart total entre S1 et S2 suite à une modification brusque. [8]

$$V_e \rightarrow K \rightarrow V_s = V_e \times K$$

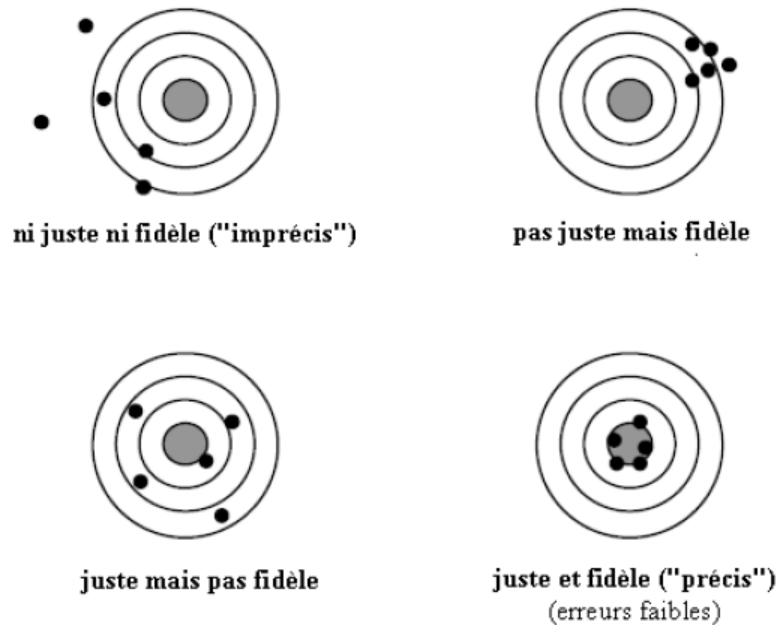


Figure I-9: Illustration des notions fidélité, justesse et précision [8]

4.2. Conditionnement du signal :

C'est un mécanisme assurant la conversion de l'ampleur électrique produite par le capteur en une ampleur électrique exploitable par l'élément de traitement.

4.2.1. Fonctions principales du conditionneur de de signal :

Il existe deux principales fonctions dans le conditionneur de signal

A. L'amplification :

a. Définition :

En électronique, l'amplification du signal est un processus crucial qui permet de renforcer un signal faible sans altérer ses caractéristiques. Les amplificateurs, qui emploient fréquemment les transistors, jouent un rôle central dans ce processus en favorisant une transmission et réception des signaux améliorées, spécialement au sein des systèmes de communication. Cette technologie est indispensable non seulement pour rehausser la qualité sonore et visuelle, mais aussi pour assurer une étendue et une fiabilité accrues du signal dans divers dispositifs électroniques. [9]

b. Rôle dans la chaîne d'acquisition :

L'amplification joue un rôle indispensable dans la chaîne d'acquisition, car certains capteurs génèrent des signaux très faibles (quelques millivolts). Ces signaux doivent être amplifiés pour correspondre aux entrées analogiques du microcontrôleur (par exemple, entre 0 et 5 volts). [9]

L'amplification d'un signal électrique offre la possibilité de modifier l'amplitude du signal tout en préservant son aspect et sa nature. On peut synthétiser cela par le diagramme ci-dessous :

L'amplification peut donc être définie comme une multiplication du signal d'entrée par un coefficient K . Il est à noter que K peut être compris entre $-\infty$ et $+\infty$ en théorie, c'est-à-dire qu'il peut aussi être négatif. [10]

Dans ce cas il peut valoir quelques millivolts alors que l'on a besoin de plusieurs volts.

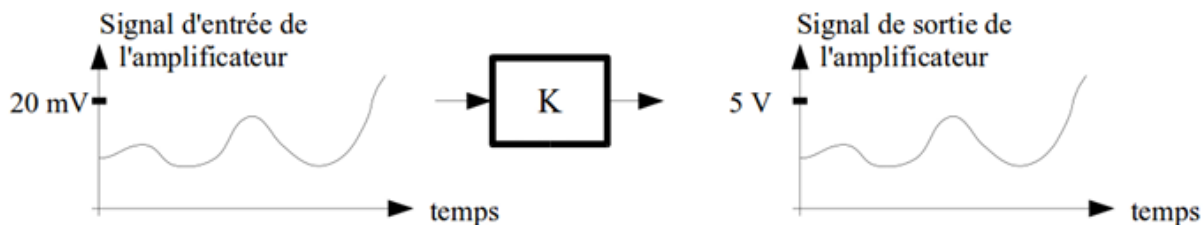


Figure I-10: Amplification du signal [10]

Dans le dessin ci-dessus, on peut voir que le signal entre l'entrée et la sortie n'a pas changé sauf sur un point : son amplitude. On peut calculer le gain K en faisant $5/0,02=250$.

c. Pourquoi amplifier un Signal :

L'amplification est justifiée notamment dans les cas où le signal est très faible, comme à la sortie du capteur. Dans ce cas, cela peut valoir quelques millivolts alors que nous avons besoin de plusieurs volts. [10]

- Comme le signal est trop faible, le microcontrôleur ne peut pas le traiter ou lire avec précision.
- L'amplificateur rend les petites variations du signal plus visibles et mesurables, ce qui améliore la précision des mesures.

B. Le filtrage :**a. Définition :**

Le filtrage vise à supprimer ou à améliorer certaines bandes ou plages de fréquences en modifiant le spectre de fréquences des signaux.

Les systèmes linéaires avec des équations différentielles linéaires à coefficients constants sont appelés filtres. Leur comportement temporel (réponse impulsionnelle, réponse indicielle) peut être étudié par la perméabilité de Laplace, ou par la fonction de transfert harmonique, pour leur comportement fréquentiel. Il a une large gamme d'utilisations dans le monde moderne, y compris les communications (pour démultiplexeur les signaux, entre autres), l'électroacoustique, et plus encore. Tout cela vise à supprimer le bruit et les fréquences indésirables et à préserver les informations utiles. [11]

b. Rôle dans la chaîne d'acquisition :

La fonction du filtre d'entrée est de réduire le contenu spectral du signal aux fréquences intéressantes. Les parasites sont ainsi éliminés. Il s'agit d'un filtre passe-bas qui se distingue par sa fréquence et son ordre de coupure [10].

Le filtre de sortie son rôle est de « lisser » le signal de sortie pour ne restituer que le signal utile. Il a les mêmes caractéristiques que le filtre d'entrée.

c. Les différentes fonctions de filtrage :

Il existe deux filtres fondamentaux :

- Les filtres Passe-Bas permettent de laisser passer les fréquences d'un signal qui sont inférieures à une certaine valeur, appelée fréquence de coupure (F_c).
- Les filtres Passe-Haut permettent le passage des fréquences d'un signal qui dépassent la fréquence de coupure (F_c).

En combinant ces deux filtres de base, on peut effectuer :

- Les filtres Passe-Bande laissent passer les fréquences situées entre une fréquence de coupure basse ($F_{c_{inf}}$) et une fréquence de coupure haute ($F_{c_{sup}}$).
- Les filtres Passe-Bas et Passe-Haut qui diminuent les fréquences situées entre une fréquence de coupure basse ($F_{c_{inf}}$) et une fréquence de coupure haute ($F_{c_{sup}}$) [12].

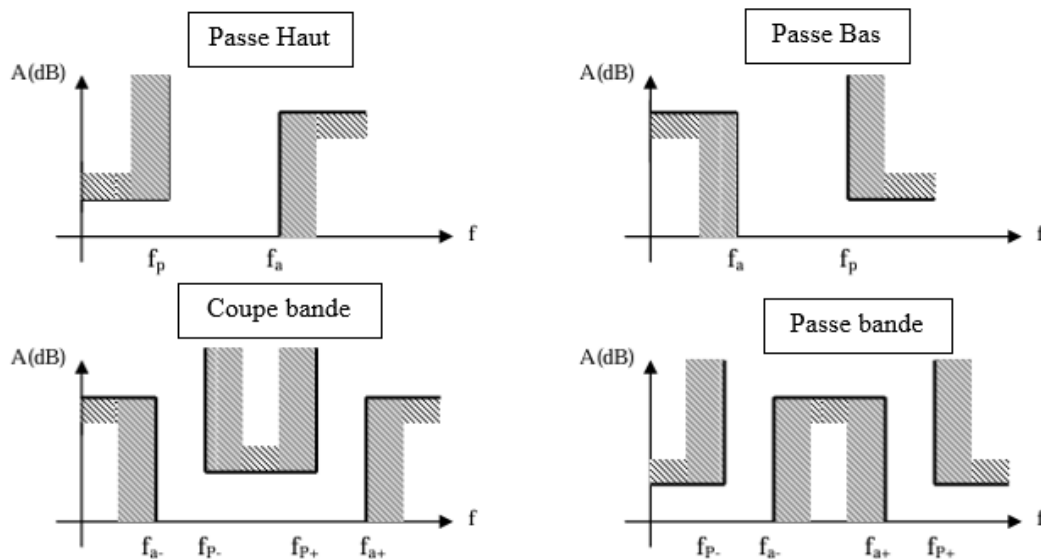


Figure I-11: Les fonction de filtres [12]

4.3. Convertisseur Analogique Numérique (CAN/ADC) :

A. Définition :

Un convertisseur analogique –numérique (CAN), également appelé (convertisseur analogique-numérique) est un appareil électronique dont le rôle principal est de convertir un signal analogique, c'est-à-dire un signal électrique continu qui change au fil du temps en une valeur numérique. Cette conversion permet aux systèmes numériques tels que les microcontrôleurs ou les ordinateurs de lire, traiter et stocker ces signaux sous forme de données numériques compréhensibles par conséquent un réseau CAN est essentiel pour connecter les capteurs réels avec des dispositifs numériques [13]. Cette définition nécessite deux autres définitions, à savoir la définition des signaux analogiques et numériques :

Signal analogique : Un signal continu dans le temps et en amplitude.

Signal numérique : Un signal qui a subi un processus d'échantillonnage et de quantification, présentant une nature discrète tant en termes de temps qu'en amplitude.

Conceptuellement, la conversion analogique – numérique se divise en trois phases : l'échantillonnage temporel, la quantification et le codage. [13]

La figure ci-dessous illustre ces trois étapes pour un (CAN) dont la sortie du signal

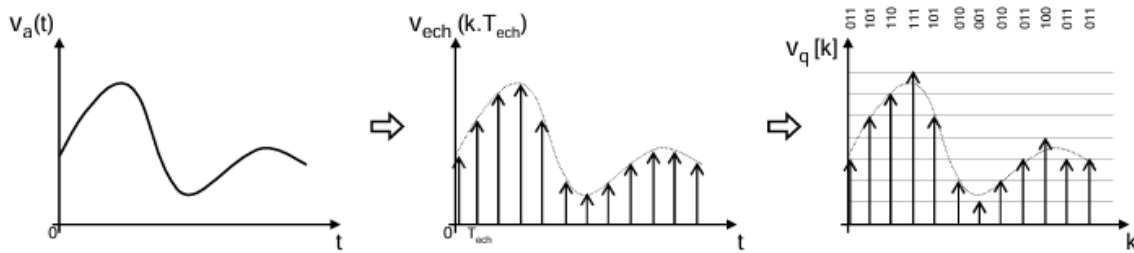


Figure I-12: (i) signal analogique (ii) signal échantillonné (iii) puis quantifié [13]

numérique est de 3 bits :

B. Rôle dans chaîne d'acquisition :

Le convertisseur analogique-numérique (CAN) convertit la tension de l'échantillon, qui est de nature analogique, en un code binaire, c'est-à-dire numérique. [10]

C. Types de Convertisseurs utilisé dans la chaîne d'acquisition :

On utilise en fait cinq grandes catégories de convertisseurs analogiques-numériques de nos jours : [14]

- CAN à approximations successives (SAR – Registre des approximations successives)
- CAN à rampe (ou à simple rampe)
- CAN flash
- CAN vers double rampe (double intégration)
- CAN en pipeline

Ce tableau ci-dessous représente la comparaison des principaux types de CAN :

TYPES DE CAN	AVANTAGES	INCONVENIENTS	MAX RESOLUTION	MAX CADENCE D'ACQUISITION	APPLICATIONS
SAR Approximation successive	Bon rapport vitesse/résolution	Pas de protection anti-repliement conceptuelle	18 bits	10 MHz	Acquisition de données
Delta-sigma ($\Delta\Sigma$)	Très bonne performances dynamiques, protection conceptuelle via filtre anti-repliement	Hystérésis sur des signaux non naturels	32 bits	1 MHz	Acquisition de données, Bruit & Vibration, Audio
Double rampe	Précis, bon marché	Faible vitesse	20 bits	100 Hz	Voltmètres
Pipeline	Très rapide	Résolution limité	16 bits	1 GHz	Oscilloscopes
Flash	Le plus rapide	Faible résolution de bits	12 bits	10 GHz	Oscilloscopes

Tableau I-1: Comparaison des principaux types de CAN [14]

D. Caractéristique Dun CNA :

- Le délai de conversion reste le même, qu'elle soit V_e .
- Ce délai est trop court. Il existe sur le marché une large gamme de convertisseurs 10 ou 12 bits capables de gérer 20 millions d'échantillons par seconde.
- La précision dépend de la qualité du CAN, le réseau est donc généralement mis à l'échelle R/R2. [15]

4.4. Unité de traitement (Le Microcontrôleur) :

A. Définition :

Un microcontrôleur, souvent abrégé en μc , uc ou MCU, est un circuit intégré qui regroupe sur une même puce les éléments fondamentaux d'un ordinateur : le processeur, la mémoire (ROM pour les programmes et RAM pour les données), ainsi que les périphériques et les interfaces d'entrée/sortie. [16]

B. Le rôle dans la chaîne d'acquisition :

- Réception de données numériques du convertisseur analogique-numérique (CAN)
- Traitement et analyse des données (Calculs, comparaisons, filtrage etc...).
- Prendre des décisions automatisées en fonction des résultats du traitement.
- Contrôle de moteurs (moteurs, relais, lumières, etc...).
- Communication avec d'autres systèmes ou interfaces (via UART, I2C, SPI, WI-FI, etc...).
- Stocker ou transférer des données vers un écran ou un ordinateur. [17]

C. Structure simplifiée d'un microcontrôleur :

1. Une unité de calcul, également connue sous le nom de processeur, exécute divers calculs (préconfigurés et intégrés dans la structure du microcontrôleur) sur des données dérivées d'instructions issues de la mémoire programme.
2. Une zone de mémoire programmée, généralement connue sous le nom de ROM (Read-Only Memory, or Flash-ROM), qui contient la série d'instructions à exécuter par l'application intégrée.
3. Zone de mémoire temporaire : souvent désignée sous le terme de RAM (Random Access Memory), elle contient des données éphémères indispensables à la réalisation des opérations que doit effectuer l'application intégrée.
4. Des entrées/sorties qui sont utilisées pour obtenir des données numériques ou analogiques de l'environnement de l'application (dans le cas des entrées) et pour contrôler ou interagir avec d'autres systèmes externes (dans le cas des sorties). [18]

D. Les avantages du microcontrôleur :

- Taille réduit : parfait pour les systèmes intégrés.
- Consommation d'énergie minimale : idéal pour les appareils fonctionnant sur batterie.
- Coût réduit : supprime la nécessité de pièces externes.
- Conçu pour des applications particulières : cela allège l'architecture du système.
- Efficacité énergétique optimale : étend la durée de service des appareils portables. [19]

5. Utilisation des chaînes d'acquisition :**5.1. Domaine d'application :**

La chaîne d'acquisition est utilisée dans une grande variété de domaines d'application qui nécessitent une mesure exacte et fiable de données physiques, environnementales ou biologiques, que ce soit dans les domaines médical, industriel ou sportif. Chaque application possède son propre type de capteur, sa propre précision de mesure et ses propres méthodes de traitement des données. Vous trouverez ci-dessous quelques exemples concrets issus de plusieurs domaines :

- Une caméra industrielle
- Un système embarqué de voiture
- Biomédical (ECG – électrocardiogramme)
- Un drone
- Un smartphone
- Une station météo connectée
- Un système de contrôle de pollution (analyseur de gaz)
- En robotique
- Les énergies renouvelables (suivi de panneaux solaires)
- Un scanner médical (IRM)
- Une montre connectée pour suivi cardiaque
- Pour un cycliste

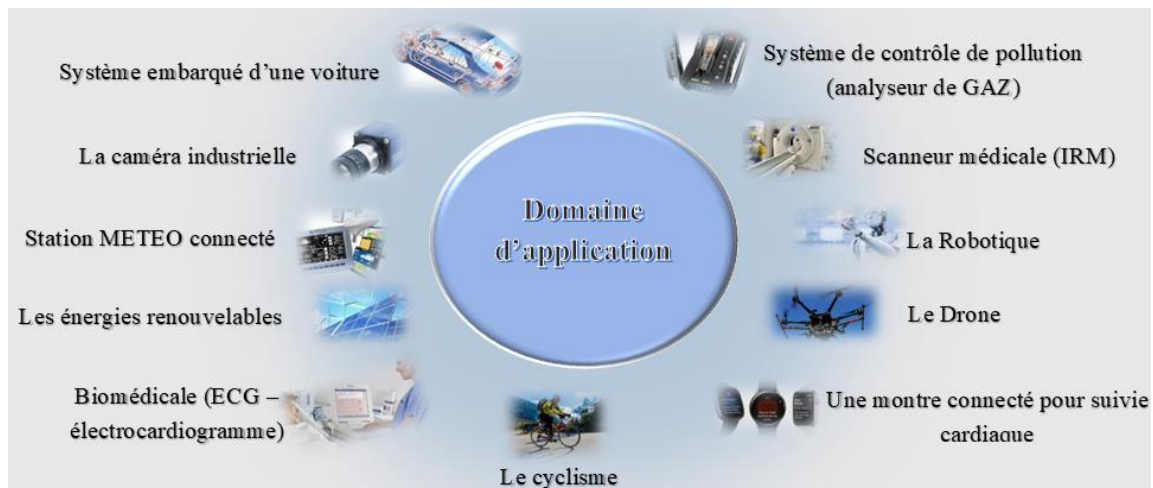


Figure I-13: Illustration des différentes applications des chaînes d'acquisitions

5.2. Les chaînes d'acquisition pour la surveillance des performances sportives :

L'utilisation de systèmes intégrés dans le sport permet aux athlètes de surveiller leurs performances physiques en temps réel. Cela les aidera à améliorer leurs performances, à surveiller leur état physiologique et à éviter les blessures.

L'athlète peut utiliser ce système dans le cadre de sa tenue de son uniforme. Il permet donc de recueillir des données physiologiques pendant l'exercice (comme le rythme cardiaque, l'activité musculaire, la respiration, la température corporelle...) et les données physiques (mouvement, localisation et vitesse de déplacement).

Ces systèmes sont également intégrés aux équipements sportifs, permettant aux entraîneurs d'effectuer des analyses et des mesures physiques (Vitesse de lancer, force appliquée, accélération...)

Lors de l'utilisation de cet équipement. La conception de ces systèmes suit un ensemble de spécifications :

- Compatibilité : il doit être porté par l'athlète ou installé sur son équipement, et ne doit pas être ressenti ou remarqué par l'utilisateur pendant la performance, ni le gêner pendant la performance.
- Durabilité : il doit être durable car il est fréquemment exposé à des contraintes physiques (étirements, vibrations, humidité, etc.).
- Autonomie : garantir que les données sont collectées en continu à des fins multiples.

- Connectivité : elle doit être sans fil pour que vous puissiez transférer des données en temps réel.
- Esthétique : respecter la tenue traditionnelle des athlètes ainsi que leur équipement.

5.3. Systèmes intégrés pour cyclistes :

Les systèmes décrits dans cette partie sont conçus pour aider les athlètes et les cyclistes à suivre leurs performances en temps réel et à recueillir des informations relatives à leurs trajets.

5.3.1. Techno-bike :

Le Tech Bike est un vélo intelligent et adaptable recourant aux technologies de l'Internet des objets pour améliorer l'expérience de conduite. Collecte des données en temps réel, notamment la météo, la fréquence cardiaque, la vitesse et la distance parcourue. [20]

Il fonctionne en collectant et transmettant des données provenant de différents capteurs répartis sur trois segments, ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Bloc cycliste	Température, Signalisation des gants, Lecteur RFID.
Bloc vélo	Vitesse, Accélération, État des freins, Cadence de pédalage, Antivol, Pression des pneus.
Trajectoire	Distance parcourue, GPS, Enregistrement caméra.

Tableau I-2: Fonctionnalités Techno-Bike [20]

Les informations provenant de ces trois unités sont conservées et ensuite transmises par Wifi à un serveur web pour être traitées à distance. Ce système est également modulaire, offrant à son utilisateur la possibilité de retirer les capteurs superflus pour son application. [20]

Le tableau suivant représente les Caractéristique du système Techno-Bike :

Hardware	Microcontrôleur, DSP, RFID
Software	Arduino IDE, Navigateur web
Nombre de capteur	Plusieurs
Traitement data	A distance, serveur web
Connectivité	WIFI

Tableau I-3: Caractéristique du système Techno-Bike [20]

5.3.2. MAXQ2000 BIKE MONITOR :

Il s'agit d'un ordinateur de vélo électronique conçu avec un microcontrôleur MaxQ2000. Il suit les performances du vélo en intégrant diverses fonctionnalités :

Compteur de vitesse, Moniteur de fréquence cardiaque, Indicateur de température et d'humidité, Horloge temps réel et chronomètre.

Conçu pour une faible consommation d'énergie et compact, il peut être fixé au guidon d'un vélo. Il est équipé d'un écran LCD intégré et de capteurs connectés via une interface filaire unique. C'est un outil d'entraînement intelligent, idéal pour les passionnés de cyclisme. [21]



Figure I-14: MAXQ2000 BIKE MONITOR [21]

Le tableau ci-dessous représente les Caractéristique du système MAXQ2000 BIKE

MONITOR :

Hardware	Microcontrôleur, RTC, LCD
Software	Maxim Développement interface
Nombre de capteur	4 (température, humidité, vitesse, rythme cardiaque.
Traitement data	Local, Affichage sur LCD
Connectivité	Non disponible

Tableau I-4: Caractéristique du système MAXQ2000 BIKE MONITOR [21]

5.3.3. Garmin Edge 530 :

Le Garmin Edge 530 est un ordinateur GPS de vélo conçu spécifiquement pour les cyclistes et sportifs rigoureux. Il propose une vaste gamme de Fonctionnalités avancées, comprenant la surveillance des performances, la navigation détaillée, les indicateurs physiologiques et l'interaction avec des applications telles que Strava. [22]

Cet appareil supporte la connectivité Bluetooth et Wi-Fi, propose des notifications intelligentes et synchronise automatiquement les informations avec Garmin Connect. Il est conçu pour opérer de façon fiable même dans des conditions difficiles.



Figure I-15: Garmin Edge 530 [22]

Le tableau ci-dessous présente les spécifications du système Garmin Edge 530 :

Hardware	Microcontrôleur, GPS, Capteur ANT+
Software	Garmin connect, Garmin Express, Connect IQ
Nombre de capteur	Plusieurs
Traitement data)	Sur l'appareil + Synchronisation avec Garmin Connect via smartphone ou PC
Connectivité	WIFI, Bluetooth, ANT+

Tableau I-5: Spécifications du système Garmin Edge 530 [22]

5.3.4. Wahoo ELEMNT BOLT :

La Wahoo ELEMNT BOLT V2 est un compteur GPS vélo compact, conçu pour l'aérodynamisme et la simplicité d'utilisation. Il offre une navigation aisée, une synchronisation automatique avec des applications comme Komoot ou Strava, et une compatibilité étendue avec les capteurs de vitesse, de cadence et de puissance. Doté d'un écran couleur, d'une interface intuitive et d'une bonne autonomie, ce modèle est idéal pour les longs trajets. [23]



Figure I-16: Wahoo Elemnt Bolt V2 [23]

Le tableau ci-dessous présente les spécifications du système Wahoo Elemnt Bolt V2 :

Hardware	Microcontrôleur, GPS, Capteur ANT+
Software	Application Wahho ELEMNT, Navigateurs de parcours (Komoot, Qtrava...)
Nombre de capteur	Plusieurs
Traitement data	Sur l'appareil + Synchronisation via application mobile
Connectivité	WIFI, Bluetooth, ANT+

Tableau I-6: Spécifications du système Wahoo Elemnt Bolt V2 [23]

6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous fournissons une définition complète de la chaîne d'acquisition en expliquant sa structure et ses composants de base : capteurs, conditionneurs de signaux, convertisseur analogique-numérique et microcontrôleurs. Nous avons également présenté son rôle dans la conversion de signaux physiques en données numériques traitables, soulignant son importance dans diverses applications techniques. Nous sommes concentrés spécifiquement sur son utilisation dans le suivi des performances sportives, en étudiant et en analysant quatre systèmes intégrés aux vélos modernes. Cette étude nous a permis de comparer les

caractéristiques de ces systèmes avec le système proposé dans ce projet. Ce chapitre nous aide à bien comprendre le chapitre suivant, dans lequel nous présenterons les composants techniques utilisés dans la mise en œuvre pratique du projet.

II. Chapitre 2 : Conception matérielle.

1. Introduction

Dans le cadre de ce projet, nous avons examiné un dispositif compact qui permet d'estimer divers indices pour un vélo en déplacement. Ainsi, le cycliste bénéficie d'une gamme d'informations et de statistiques qu'il peut examiner en direct. Ce projet respecte évidemment certaines normes spécifiées dans un cahier des charges précis qui nous a orientés tout au long de sa conception. Dans ce chapitre, nous chercherons à analyser l'architecture matérielle générale de ce système.

2. Architecture :

Cette chaîne d'acquisition est constituée de quelques modules ou blocs (Figure II.1), où chacun d'entre eux est chargé d'accomplir une ou plusieurs fonctions précises.

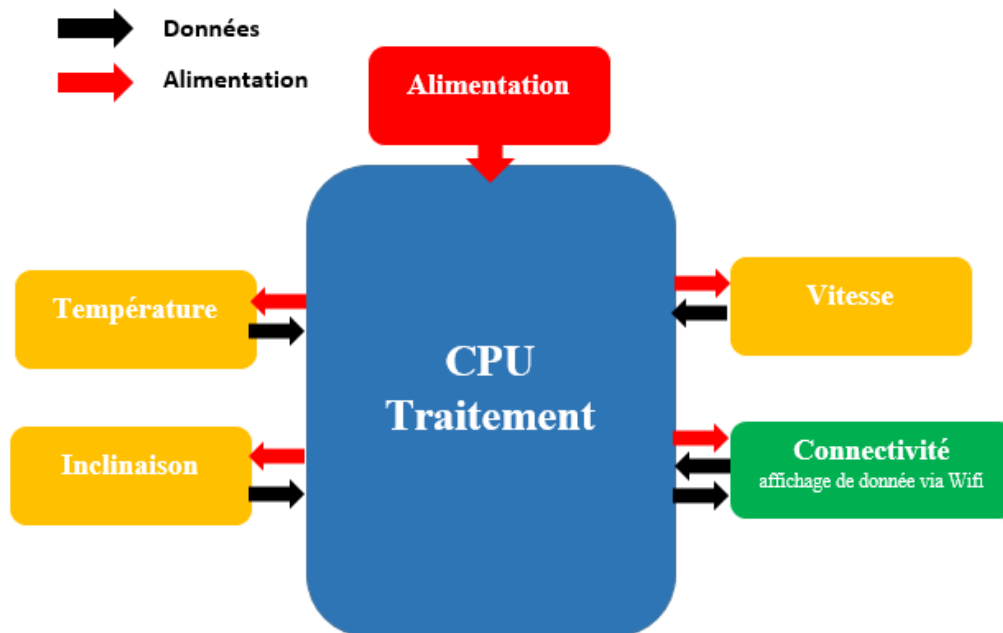


Figure II-1 : Schéma bloc du fonctionnement global de ce système.

À partir de ce schéma, nous pouvons diviser le système en 6 blocs principaux :

- **Alimentation** : cette partie est responsable de l'alimentation du circuit - le CPU dans ce cas -avec une tension continue de 5 volts, en utilisant un port USB.
- **Unité de traitement (CPU)** : Ce bloc, qui est le plus important dans cette conception après l'alimentation, traite les informations en interne à l'aide d'unités de contrôle et d'autres unités de calcul, assurant la réception et la transmission de données avec ou sans traitement entre différents capteurs ou appareils, mais aussi l'alimentation de ces derniers. À l'aide d'un logiciel spécifique à l'application

souhaitée, le processeur peut planifier toutes les tâches à effectuer pour faire fonctionner tous les composants reliés.

- **Vitesse** : Cette unité, grâce au capteur et à la formule appropriés, nous permettra de calculer la vitesse du cycliste en déplacement en temps réel. En fait, un capteur à effet Hall pourra parfaitement remplir ce rôle en calculant le RPM du vélo, et il ne nous restera plus qu'à convertir le résultat obtenu en km/h.
- **Inclinaison** : Cette partie de l'application nous permet de mesurer l'angle d'inclinaison du vélo par rapport à ses essieux, en utilisant des données collectées en temps réel. Ces données nous permettent de détecter la position du vélo et de suivre tout changement d'angle d'inclinaison le long des trois axes (X, Y, Z), aidant à surveiller avec précision l'équilibre et la direction. Cette mesure est réalisée à l'aide du capteur MPU6050.
- **Température** : Cette unité est chargée de mesurer la température extérieure autour du système, ou plus largement, autour du cycliste. La mesure est réalisée à l'aide d'un petit capteur analogique le LM35.
- **Connectivité** : Cette partie de l'application concerne le transfert des données collectées par les capteurs vers une interface d'affichage via la connexion Wi-Fi. Ceci est réalisé en temps réel grâce à un module de communication comme l'ESP8266, qui donne à l'utilisateur la possibilité d'afficher des données comme la vitesse, la température et l'angle d'inclinaison directement sur une application conçue à cet effet. Cette fonction est indispensable pour contrôler à distance l'état du vélo et évaluer ses performances de manière efficace et en temps réel.

2.1. Unité de traitement (CPU) :

On trouve divers modèles Arduino, tels que l'Arduino Mega, l'Arduino Due, l'Arduino LilyPad et l'Arduino UNO. Pour notre projet, nous avons choisi pour l'Arduino Uno.

2.1.1. Définition de la carte Arduino :

C'est une carte électronique programmée basée sur le microcontrôleur 8 bits ATmega328P. Elle comprend aussi un oscillateur à cristal, une interface de communication série, un régulateur de tension et d'autres composants pour soutenir le microcontrôleur. L'Arduino Uno est équipé de 14 broches numériques (6 d'entre elles sont susceptibles d'être utilisées pour la sortie PWM), 6 broches analogiques, un port USB, une prise d'alimentation jack, un connecteur ICSP et un bouton de reset. [24]

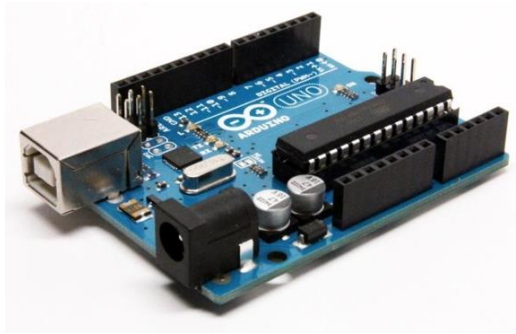


Figure II-2: Arduino Uno [26]

2.1.2. Les caractéristiques de l'arduino Uno :

L'Arduino Uno peut être trouvé dans de nombreux projets. Cela est dû à ses caractéristiques intéressantes. [24]

Le tableau ci-dessous présente les spécifications de la carte Arduino Uno:

Spécifications techniques	
Microcontrôleur	ATmega328P
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7 à 12 V
Tension d'entrée (limites)	6 à 20 V
Broches E/S Numérique	14(dont 6 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrée Analogique	6(A0 –A5)
Courant Continu par Briche E / S	40 mA
Courant Continu pour la broche 3.3V	50 mA
Mémoire Flash	32 KB (0.5 KB utilisés par le boot leader)

Tableau II-1: Caractéristique de l'Arduino Uno [24]

2.1.3. Description des broches d'Arduino Uno :

L'Arduino Uno est une carte de développement reposant sur le microcontrôleur ATmega328P. Cette carte se démarque par ses spécifications techniques. [24]

Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Catégorie de pin	Nom du pin	Détails
Alimentation	Vin, 3.3V, 5V, GND	Vin : Tension d'entrée de l'Arduino lorsqu'il utilise une source d'alimentation externe. 5V : Alimentation régulée utilisée pour alimenter les composants de la carte. 3.3V : Alimentation 3.3V générée par le régulateur de tension embarqué. Le courant maximum consommé est de 50mA. GND : pin de mise à la terre.
Réinitialisation	Reset	Réinitialiser le microcontrôleur
Broches Analogiques	A0 à A5	Utilisé pour fournir une entrée analogique.
Entrée /Sortie	0 à 13 broches numériques	Utilisé comme pin d'entrée ou de sortie.
Serial	0(Rx), 1(Tx)	Utilisé pour recevoir et transmettre des données.
Interruptions externes	2, 3	Pour déclencher une interruption.
PMW	3, 5, 6, 9, 11	Fournit une sortie PWM de 8 bits.
SPI	10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) and 13 (SCK)	Utilisé pour la communication SPI.
LED intégrée	13	Pour allumer la LED intégrée.
TWI	A4 (SDA), A5 (SCA)	Utilisé pour la communication TWI.
ARFE	ARFE	Pour fournir une tension de référence pour la tension d'entrée.

Tableau II-2 : les pins d'Arduino Uno [24]

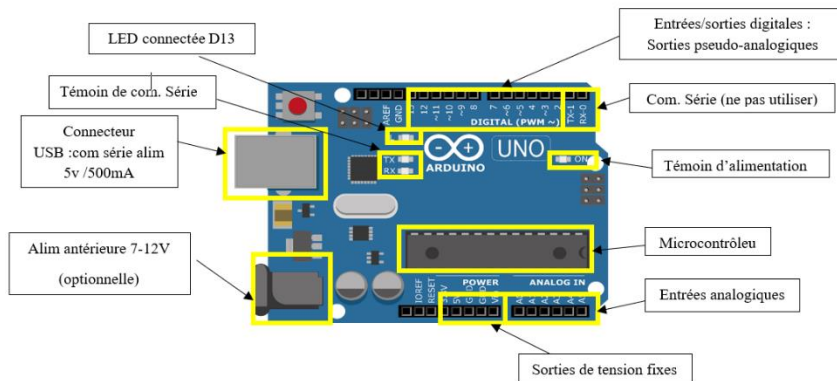


Figure II-3: Descriptions de la carte Arduino UNO

2.1.4. Les sources d'alimentation de la carte Arduino :

Il existe deux façons d'utiliser la carte Uno :

Grâce à l'interface USB qui relie la carte à l'ordinateur utilisée pour échanger des données entre l'ordinateur et la carte, cette interface peut fournir un courant maximum de 500 mA (bien suffisant pour réaliser des montages simples), et elle est protégée contre les courants élevés grâce au poly fusible, mais malgré tout cela, il faut encore faire les cercles avec plus de soin et de concentration. [25]

Brancher un adaptateur de tension externe ou une batterie au connecteur d'alimentation appelée prise jack. [25]

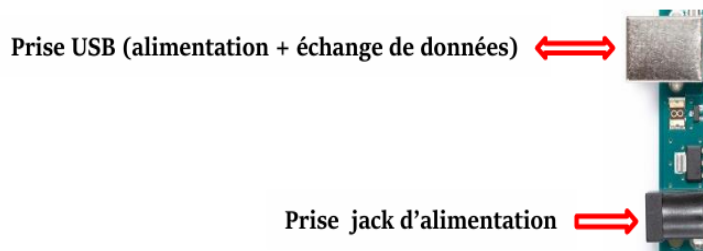


Figure II-4: Alimentation de la carte Uno [25]

La figure ci-dessous montre deux types de sockets pouvant être utilisés avec la carte Uno :

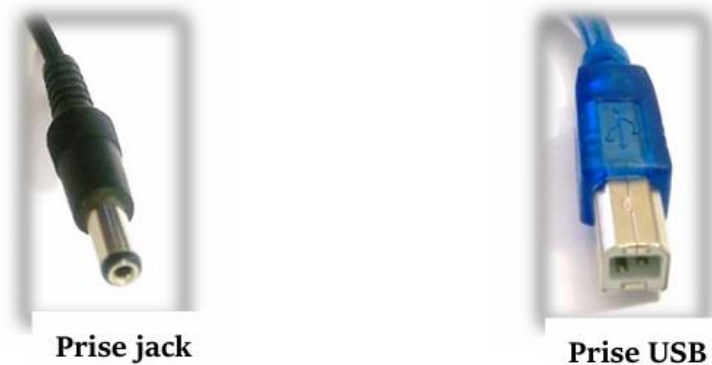


Figure II-5: Types de prise à utiliser avec la carte Uno [25]

Notez bien :

Avant de connecter une batterie ou un adaptateur de tension externe, il est essentiel de suivre exactement les limites de tension d'alimentation indiquées par le fabricant. Lorsqu'il s'agit de tension ou de courant, veuillez-vous référer aux informations ci-après :

Tension de service	5V DC (Direct Courant ou courant continu en française)
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V DC
Tension d'entrée (limites)	6-20V DC
Courant maxi par broche d'E/S	20 mA
Courant maxi par broche 3.3V	50 mA

Tableau II-3: Valeurs de tensions et de courants à respecter [25]

2.1.5. Le Microcontrôleur ATmega328P :

Un microcontrôleur est un circuit intégré contenant un microprocesseur, de la mémoire et des circuits associés, qui assure le contrôle total ou partiel des fonctions d'un système électronique. La carte Arduino Uno est dotée du microcontrôleur ATMEGA328P qui en constitue le cœur.

L'ATMEGA328P est un microcontrôleur 8 bits qui s'appuie sur l'architecture RISC AVR. C'est le contrôleur AVR qui connaît le plus de popularité. On peut les programmer en C/C++.

Comme tous les microcontrôleurs, l'ATMega328P comprend : une unité centrale de traitement pour exécuter des programmes stockés dans 32 Ko de mémoire flash effaçable et réinscriptible, et 2 Ko de RAM pour stocker les données et les variables créées par le programme et 1 Ko de mémoire destiné à sauvegarder les informations et retenir les données.

Il comprend également des outils supplémentaires tels que des ports d'E/S parallèles et série, des temporisateurs pour produire ou vérifier des signaux avec une précision de synchronisation élevée, ainsi que des convertisseurs A/N pour le traitement des signaux analogiques (23 E/S au total). [26] . Ces broches sont utilisées pour connecter le microcontrôleurs à divers composants électroniques.

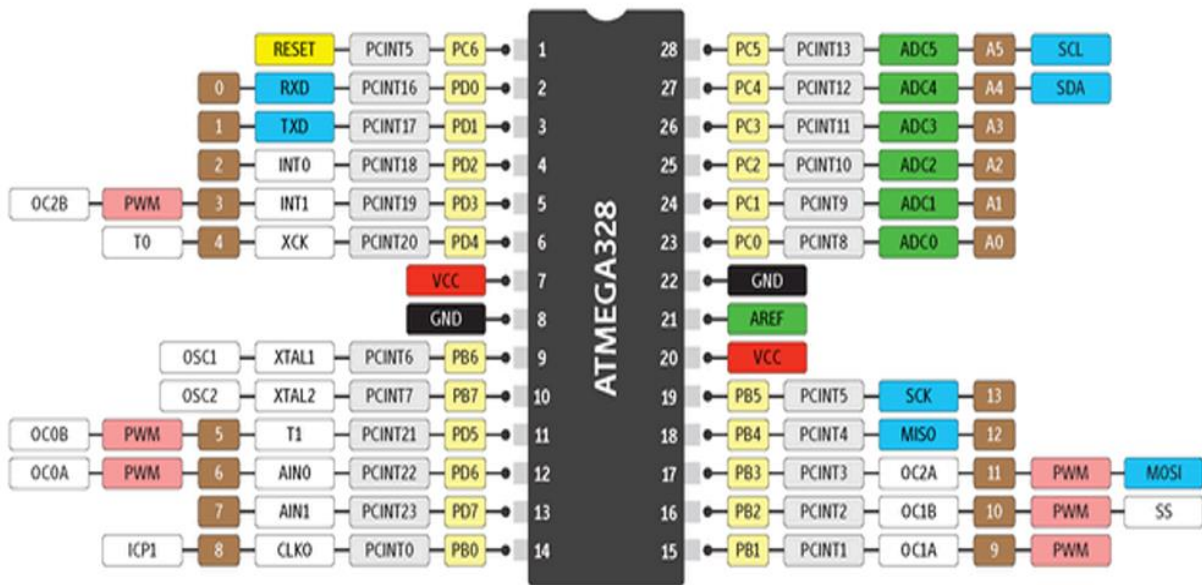


Figure II-6: Le microcontrôleurs ATMEGA328P [26]

2.1.6. Les Entrées / Sorties :

2.1.6.1. Entrées /Sortie Numérique :

Il est possible de configurer les 14 broches numériques (D0 à D13) de l'Arduino Uno pour être utilisées comme entrées ou sorties.

Ces entrées/sorties numériques peuvent avoir deux états : haut et bas si une broche est activée, elle fournira une tension de 5 V, tandis que si elle est désactivée, la tension sera de 0 V. Chaque broche a la capacité d'envoyer ou de recevoir jusqu'à 40 mA de courant et possède une résistance interne allant de 20 à 50 kΩ. [26]

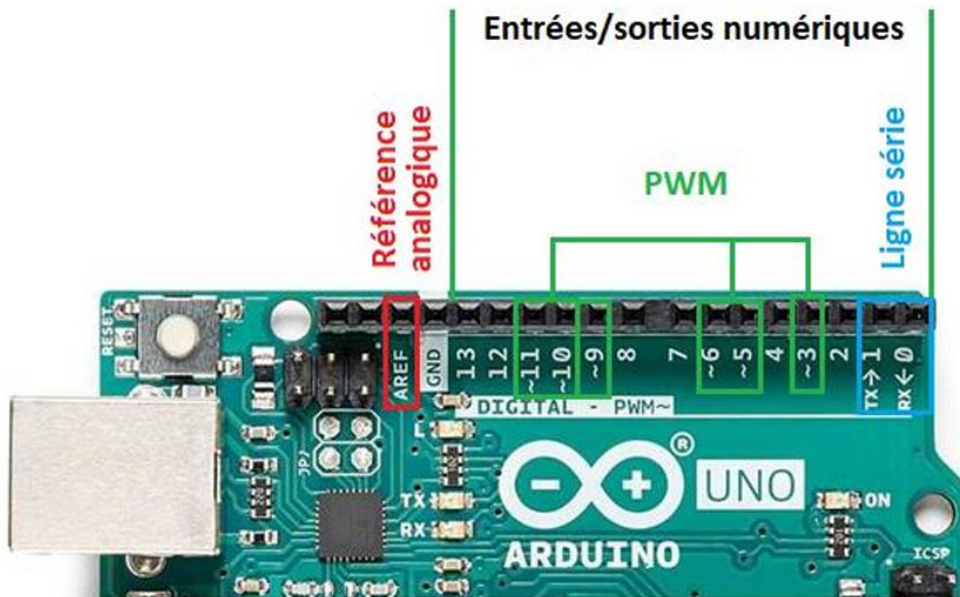


Figure II-7: Broches d'entrées sorties numériques. [27]

2.1.6.2. Entrées/Sortie Analogique :

L'Arduino Uno est équipé de six entrées analogiques (A0 à A5), vous permettant de mesurer la tension de 0V à 5V avec une résolution de 10 bits (de 0 à 1023). Ces entrées sont désignées comme type analogique, cependant, il est également possible d'utiliser ces broches analogiques comme broches numériques. [26]

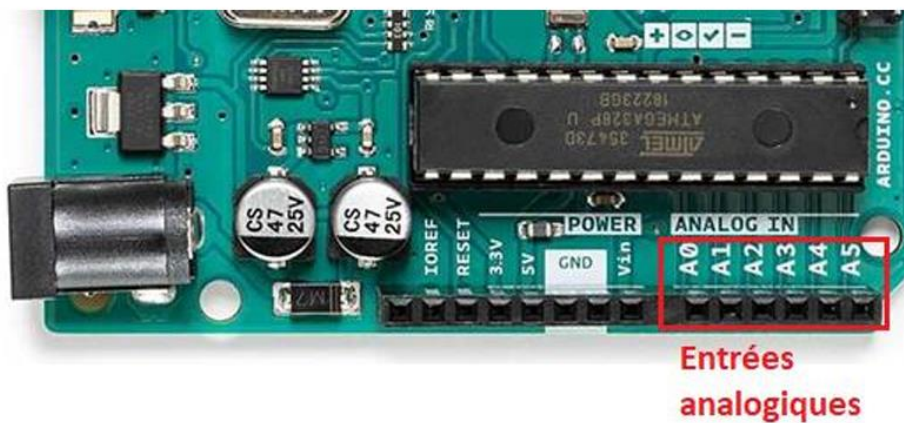


Figure II-8: Broches d'entrées sorties analogique de l'Arduino [27]

2.1.7. Application :

Voici quelques exemples d'applications possibles qui peuvent être réalisées avec Arduino

- Gérer des dispositifs domestiques.
- Accorder une forme d'intelligence à un robot.
- Créer des jeux de lumières.
- Autoriser un ordinateur à interagir avec une carte électronique et diverses saisies.
- Télécommander un appareil mobile (modélisme). [27]

2.2. Mesure de l'inclinaison :

On établit généralement l'inclinaison ou l'angle d'inclinaison en utilisant à un capteur particulièrement élaboré pour ce genre de mesure. Nous faisons référence à un inclinomètre, qui est un outil de mesure fonctionnant à déterminer les angles en liaison avec la ligne horizontale ou l'horizontale. Tandis que le niveau à bulle établit précisément l'emplacement de l'horizon, l'inclinomètre, quant à lui, donne aussi la valeur de l'angle d'inclinaison par rapport à cette ligne horizontale.

Pour notre projet, nous avons choisi pour un capteur complètement différent qui fournit des visions plus larges, offre une efficacité optimale et se présente dans un format plus compact. Ce dispositif permet de quantifier les accélérations linéaires et les angles dans les trois dimensions spatiales. On peut retrouver ce composant dans différents dispositifs, tels que les manettes de jeux vidéo et les téléphones intelligents. On peut s'en servir pour réguler la position d'un drone ou pour maintenir l'équilibre d'un robot à deux-roues.

Le MPU-6050 comprend un capteur de température ainsi que deux capteurs micromécaniques : un gyroscope quantifie les rotations et un accéléromètre qui évalue les accélérations dans l'espace. Ces capteurs sont généralement constitués d'un composant mécanique et d'un composant piézoélectrique. Lorsqu'un l'objet est en mouvement, la pièce mécanique entre en contact avec l'élément piézoélectrique qui génère un signal électrique.

Les modules MPU-6050 combinent donc un gyroscope à 3 axes et un accéléromètre à 3 axes sur la même puce en silicium, ainsi qu'un processeur de mouvement numérique (DMP) intégré, qui traite des algorithmes de données de mouvements « MotionFusion » complexes à 6 axes. L'appareil peut accéder à des magnétomètres externes ou à d'autres capteurs via un bus I2C maître auxiliaire, ce qui permet aux appareils de collecter un ensemble complet de données de capteur sans intervention du processeur système. [28]

Ce dispositif corrèle et format les données pour leur l'utilisation sur le bus I2C.c'est principalement un microprocesseur performant et puissant, dédié au traitement des données de mouvement.

2.2.1. Accéléromètre :

Un capteur d'accélération est un dispositif utilisé pour mesurer l'accélération d'un corps. Par exemple, il peut être utilisé pour déterminer l'accélération d'une voiture passant de 0 à 100 km/h en quelques secondes. Les accéléromètres mesurent les forces d'accélération linéaire sur divers axes, généralement x, y et z. [29]

Détection sur 3 axes avec une plage à pleine échelle de $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ ou $\pm 16g$

Sensibilité de 16384, 8192, 4096 ou 2048 LSB par g

Gamme ODR de 8kHz à 1,25Hz [30]

2.2.2. Gyroscope :

Un gyroscope est un dispositif qui utilise le principe de la conservation du moment cinétique : en absence de couple appliqué, un solide en rotation conserve son axe. Pour faire simple, c'est un capteur de position angulaire sur trois axe (x, y, z).

Détection sur 3 axes avec une plage à pleine échelle de ± 250 , ± 500 , ± 1000 , ou ± 2000 degrés par seconde (dps)

Sensibilité de 131, 65,5, 32,8 ou 16,4 LSB par dps

Taux de données de sortie (ODR) de 8 kHz à 1,25 Hz [29]

2.2.3. Interface de communication :

Le tableau suivant représente chaque pin et ça description :

Nombre de pin	Nom de pin	Description
1	Vcc	Alimente le module, de +3 à +5 V. Généralement, +5 V est utilisé
2	GND	Connecté à la terre du système
3	Horloge série (SCL)	Utilisé pour fournir une impulsion d'horloge pour la communication I2C
4	Données série (SDA)	Utilisé pour transférer des données via la communication I2C
5	Données série auxiliaires (XDA)	Peut être utilisé pour interfacier d'autres modules I2C avec le MPU6050. Optionnel.
6	Horloge série auxiliaires (XCL)	Peut être utilisé pour interfacier d'autres modules I2C avec le MPU6050. Optionnel.
7	AD0	Si plusieurs MPU6050 sont utilisés dans un seul MCU, cette broche peut être utilisée pour faire varier l'adresse
8	Interruption (INT)	Broche d'interruption pour indiquer que les données sont disponibles pour la lecture par le MCU.

Tableau II-4: Brochage de MPU6050 [31]

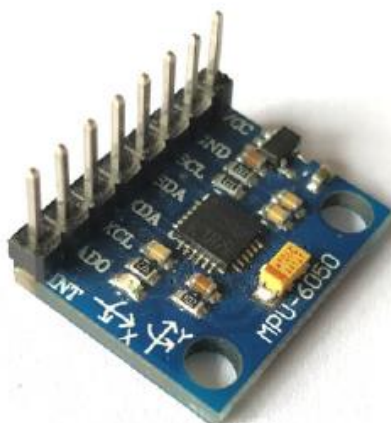


Figure II-10:MPU6050 [31]

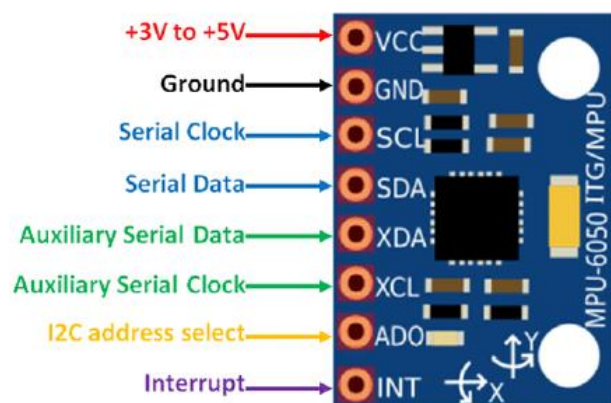


Figure II-9: Brochage du MPU6050 [31]

2.2.4. Application :

Cadre de jeu et d'application basé sur le mouvement

- Services de localisation, points d'intérêt
- Jeux sur mobile et portables
- Manettes de jeu basées sur le mouvement
- Capteurs portables pour la santé, le fitness et le sport
- Jouets [32]

2.2.5. Caractéristiques de module MPU6050 :

- Valeurs combinées d'un accéléromètre MEMS 3 axes et d'un gyroscope 3 axes
- Alimentation : 3-5 V
- Communication : protocole I2C
- Le convertisseur analogique-numérique 16 bits intégré offrent une grande précision
- Le DMP intégré offre une puissance de calcul élevée
- Interface possible avec d'autres dispositifs IIC, comme un magnétomètre
- Adresse IIC configurable
- Capteur de température intégré [31]

2.2.6. Brochage de MPU6050 avec Arduino :

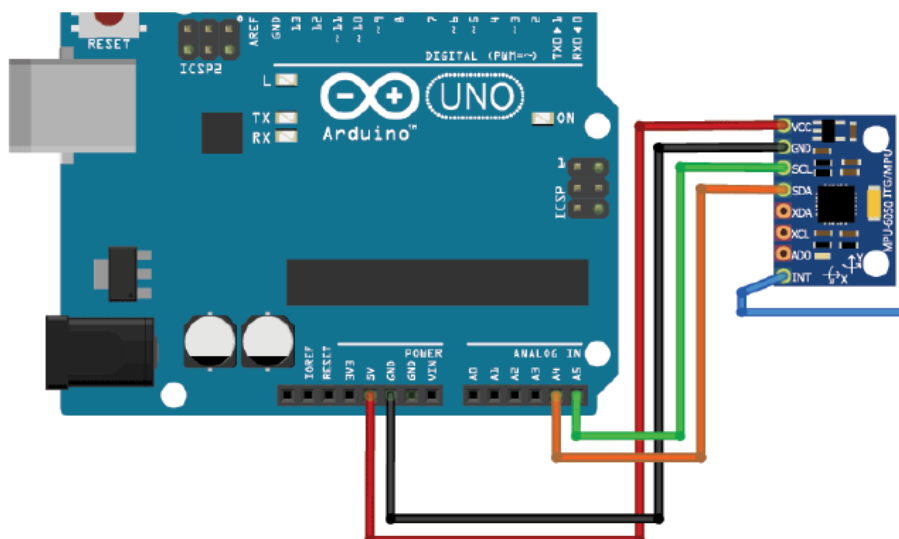


Figure II-11:13 Interface MPU6050 avec Arduino [31]

2.3. Mesure de la vitesse :

2.3.1. Définition D'un capteur effet hall A3144 :

L'A3144 est un capteur à effet Hall unipolaire linéaire compact conçu pour fonctionner comme un interrupteur magnétique. Il possède une sensibilité exceptionnelle aux champs magnétiques, ce qui le rend utile dans les environnements difficiles. Lorsque le capteur s'approche du pôle magnétique, son état change, ce qui le rend approprié pour une utilisation dans des applications commerciales, consommateur et industrielles. Cette capacité à détecter même les plus petits changements dans le flux magnétique met en évidence sa robustesse et sa fiabilité. [33]



Figure II-12: capteur a effet hall [33]

2.3.2. Brochage du capteur d'effet Hall A3144 :

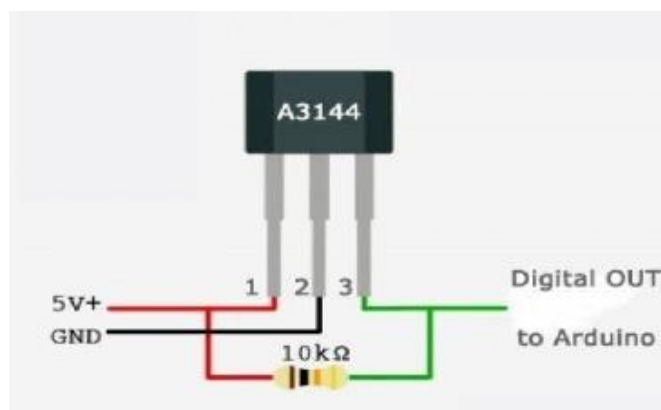


Figure II-13: Branchement du capteur A3144 vers la carte Arduino [34]

Chaque broche et sa description sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Épingle no	Nom de broche	Description
1	+ 5V (VCC)	Utilisé pour alimenter le capteur Hall, généralement + 5V est utilisé
2	Sol	Se connecter au sol du circuit
3	Sortir	Cette broche monte haut si un aimant est détecté. La sortie La tension est égale à la tension de fonctionnement.

Tableau II-5: Brochage du capteur d'effet Hall A3144 [34]

2.3.3. Caractéristiques et avantages :

- Stabilité de température supérieure pour les applications automobiles ou industrielles.
- Fonctionnement 4,5 V à 24 V
- Sortie 25 mA à collecteur ouvert
- Protection de batterie inversée
- Activer avec de petits aimants permanents
- Fiabilité à l'état solide.
- Petite taille.
- Résistant à la pression physique [34]

2.4. Mesure de la température :

2.4.1. Définition :

Il est possible de surveiller la température pendant la progression du cycliste pour obtenir des statistiques pures ou ultérieures. L'augmentation du nombre de résultats et la large couverture de température du capteur LM35 utilisé peuvent améliorer ce système. Le LM35 est un capteur de température analogique fabriqué par Texas Instruments. Très populaire dans les domaines de l'électronique et de la précision automobile, il est très simple, facile à utiliser et fiable.

Grâce à sa dernière version et à sa conception avancée, le LM35 est désormais capable de mesurer des températures comprises entre $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$, et peut mesurer n'importe quelle température. [35]

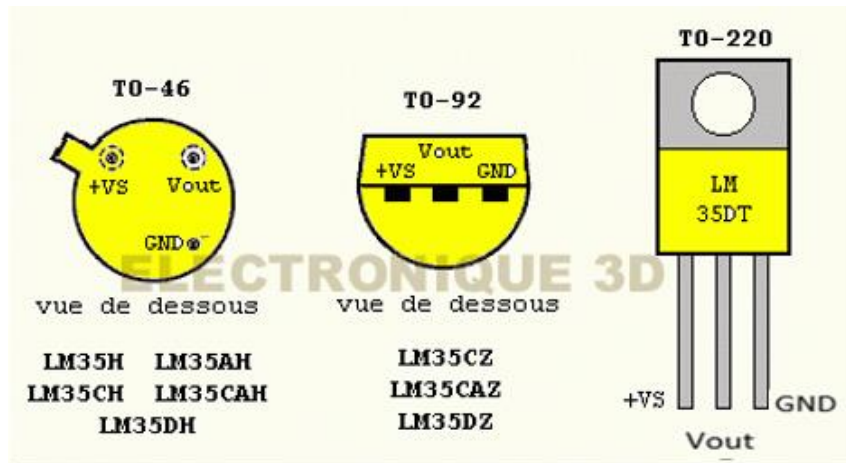


Figure II-14: Différentes gammes de capteurs de température LM35 [36]

Dans la figure ci-dessus, nous pouvons voir les différentes versions du LM35 [36] :

- LM35AH : boîtier en métal TO46, gamme de température de -55°C à $+150^{\circ}\text{C}$.
- LM35CH : loge en métal TO46, gamme de températures de -40°C à $+100^{\circ}\text{C}$
- LM35CZ : boîtier en plastique TO92, gamme de température de -40°C à $+100^{\circ}\text{C}$.
- LM35DH : Enveloppe en métal TO46, gamme de température de 0°C à $+100^{\circ}\text{C}$.
- LM35DZ : encapsulation en plastique TO92, gamme de température de 0°C à $+100^{\circ}$.

2.4.4. Connexion du capteur LM35 à l'Arduino :

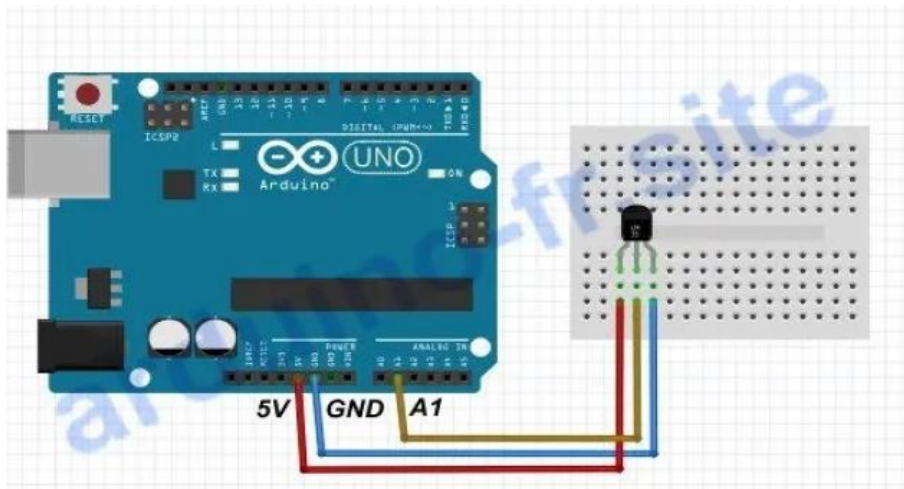


Figure II-17: brochage du capteur LM35 à l'Arduino [37]

2.4.5. Caractéristique d'un capteur LM35 :

- Tension d'alimentation : 4 V à 30 V
- Courant de fonctionnement : 60 μ A
- Ecart de température : -55°C à + 155°C
- Précision assurée : $\pm 0,5^\circ\text{C}$ à +25°C et $\pm^\circ\text{C}$ de -55°C à $\pm 150^\circ\text{C}$
- Facteur d'échelle de sortie : 10 mV/°C
- Tension de sortie à 25°C : 250 mV [37]

2.4.6. Les avantages et les inconvénients de l'utilisation de LM35 :

a) Les avantages :

- Haute précision.
- Sortie linéaire.
- Large plage de température.
- Faible consommation d'énergie
- Interface simple [38]

b) Les inconvénients :

Sa sensibilité élevée au bruit, qui peut affecter la précision des mesures, ainsi que l'absence de sortie standard.

2.5. Module de connectivité :

2.5.1. Le module ESP8266-NodeMCU :

NodeMCU est une plate-forme de développement matériel et logiciel open source construite autour du système sur puce (SoC) ESP8266 12-E. Il s'agit d'un microcontrôleur 32 bits basé sur un processeur RISC Tensilica Xtensa LX106 à 80 MHz, avec un module Wi-Fi intégré assurant la connectivité Internet et le partage de données. Cette carte de développement, qui intègre également un microcontrôleur programmable LUA, offre une solution rapide et simple pour développer des projets IoT. Grâce à ses fonctionnalités avancées, NodeMCU est un excellent choix pour les applications dans divers domaines tels que l'automatisation, la robotique et les communications. [39]



Figure II-18:ESP8266-12E NodeMCU [43]

2.5.2. Caractéristiques du Node MCU (ESP8266) :

Voici les spécifications de cette carte :

- Processeur : ESP8266, cadencé à 80 MHz, avec 4 Mo de mémoire flash.
- Dimensions : 57 mm x 28 mm x 8,5 mm.
- Connectivité : Wi-Fi 802.11 b/g/n.
- GPIO : 11 broches GPIO pour connecter d'autres périphériques.
- Interface : UART, I2C, SPI, entrée analogique.
- Programmation : scripts Lua et prise en charge de l'IDE Arduino.
- Caractéristiques supplémentaires : port micro USB, bouton de réinitialisation, alimentation 3,3 V et régulateur de tension intégré.

2.5.3. Brochage du Node MCU(ESP8266) :

Le Node MCU est constitué de 30 broches disposées en blocs ayant des fonctions spécifiques. La figure ci-dessous illustre en détail ces broches :

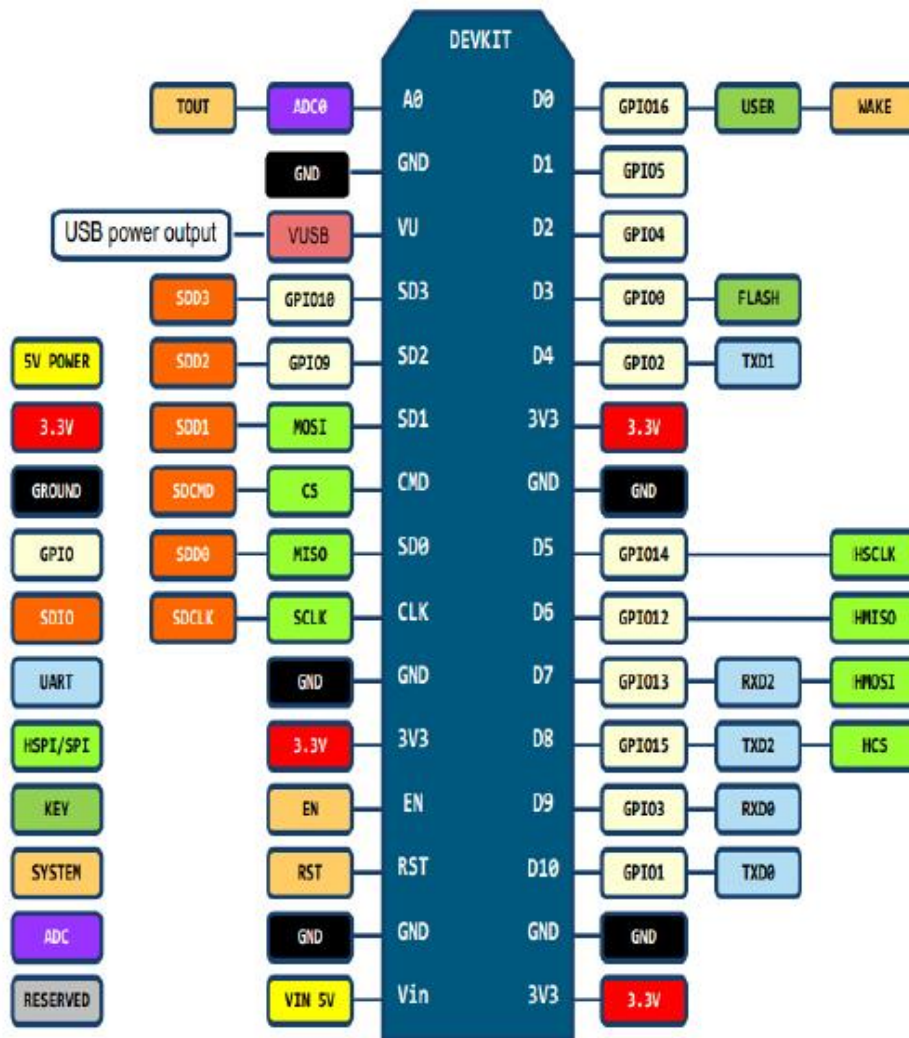


Figure II-19: Broches de NodeMCU (ESP8266) [39]

Le tableau suivant détaille les fonctions de chaque broche du nœud MCU.

Type de pin	Nom de pin	Description de pin
Alimentation	Micro-USB, 3.3V, Vin, GND	Micro-USB : Pour alimenter le Node MCU 3.3V : Alimentation régulée sur le Node MCU Vin : l'alimentation externe. GND : la masse (terre).
Broches de contrôle	EN, RST	Bouton et broche pour réinitialiser le microcontrôleur.
Broche analogique	A0	Mesure la tension analogique dans la plage 0-3,3V.
Broches GPIO	GPIO1 à GPIO16	Treize broches d'E/S à usage général sur la carte du Node MCU.
Broches SPI	SD0, SD1, CMD, CLK	Quatre broches pour assurer la communication SPI sur la carte Node MCU
Broches UART	TXD0, RXD0, TXD1, RXD1	Node MCU dispose de deux interfaces UART, UART0 (TXD0, RXD0) et UART1 (TXD1, RXD1). UART1 peut être utilisé pour télécharger des programmes ou firmwares.
Broches I2C		Vous pouvez Obtenir la prise en charge de la fonctionnalité I2C sur le NodeMCU. Cependant, vous devez trouver les broches I2C en fonction de la fonctionnalité interne de ces broches.

Tableau II-6 : les fonctions de chaque broche du nœud MCU [40]

3. Réalisation pratique :

Après avoir utilisé tous les éléments ci-dessus, voici un schéma de construction d'une carte Arduino par rapport aux différents capteurs :

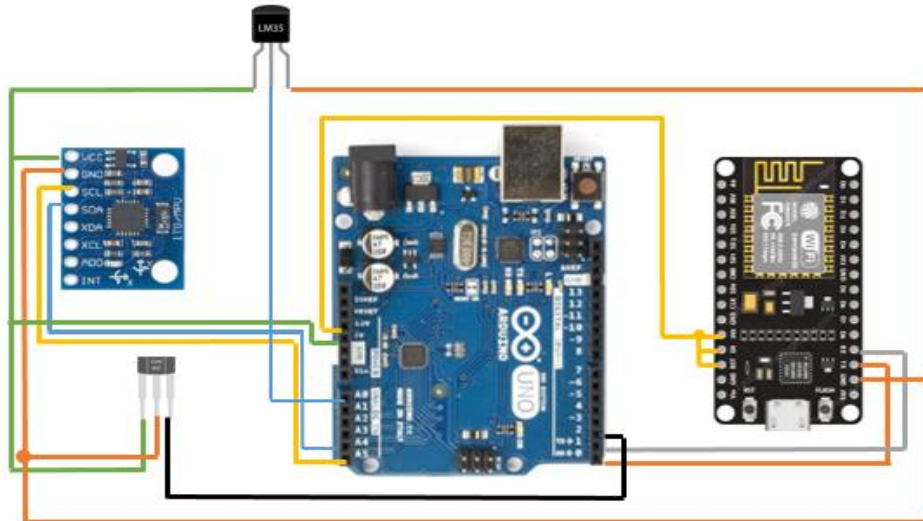


Figure II-20: Le Schéma électrique

4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous sommes concentrés sur le côté physique du projet : les composants utilisés, les interfaces, leurs différentes propriétés électriques et électroniques, le brochage de chacun des capteurs et leur branchement final.

Grâce à cela, nous avons pu observer l'utilisation de la carte Arduino comme dispositif de traitement, interface de communication et de transmission entre nos capteurs et source d'alimentation pour ces derniers. Ainsi, à l'aide du module inertiel MPU-6050, du capteur à effet Hall A3144, du capteur de température LM35 et module de transmission Wi-Fi ESP8266, nous obtiendrons avec succès les paramètres d'inclinaison, de vitesse et de température respectivement qui seront transmis puis affichés sur l'application mobile.

Le dernier chapitre couvrira le côté logiciel du projet, où nous visons à comprendre les processus internes de ce système et à surveiller les résultats après différent.

III. Chapitre 3 : Conception logiciel

1. Introduction :

Le système développé dans le cadre de ce projet représente une unité d'interaction intégrée à petite échelle, spécifiquement conçue pour capturer les paramètres physiques suivis par le mouvement d'un vélo, tels que la vitesse, l'inclinaison et la température. Ce système vise à fournir au vélo des informations précises et exactes qui peuvent être vérifiées en temps réel. Ce système a été conçu selon les exigences de précision et de fiabilité de normes techniques spécifiques, répondant ainsi aux exigences de performance, de précision et de fiabilité.

Ce chapitre se concentrera sur le composant logiciel de notre système, en examinant son fonctionnement et les outils utilisés pour l'implémenter. Nous examinerons également l'application Android développée pour l'utilisateur, qui permet de visualiser directement les données collectées.

2. Partie software

Dans cette partie, nous parlerons des programmes de base utilisés dans notre projet.

Ces environnements sont :

- ✓ Arduino IDE pour créer le programme qui sera téléchargé sur l'Arduino Uno et le Node MCU.
- ✓ Une application Android créée à l'aide de MIT App Inventor pour faciliter la communication et le partage d'informations entre un MCU Node et un Arduino Uno, avec les résultats affichés sur un smartphone.

2.1. Arduino IDE :

Arduino IDE est un logiciel de programmation qui agit comme une interface entre votre carte Arduino et le logiciel. L'IDE Arduino comprend un assembleur qui convertit votre programme en code machine, le rendant compréhensible sur la carte Arduino. [41]

Arduino IDE est une version modifiée du logiciel Processing. C'est un logiciel open source qui autorise de programmer des cartes autres qu'Arduino.

2.1.1. La structure principale du langage de programmation Arduino :

Le langage Arduino possède une architecture unique pour l'informatique embarquée :

La fonction setup doit comporter les directives indispensables à la mise en place de la carte :
- orientations des ports d'entrée/sortie. - flux de communications en série, etc.). Cette fonction n'est exécutée qu'une seule fois. [42]

La fonction loop, elle tourne en boucle suite à l'exécution de la fonction setup jusqu'à ce que la carte soit éteinte ou redémarrée par pression sur le bouton reset.

La présence de la fonction de boucle est nécessaire, même si elle ne contient aucune commande, car son absence entraînera l'exécution de code aléatoire sur la carte Arduino. [42]

Le cycle d'opération d'un programme Arduino est représenté dans le schéma ci-dessous :

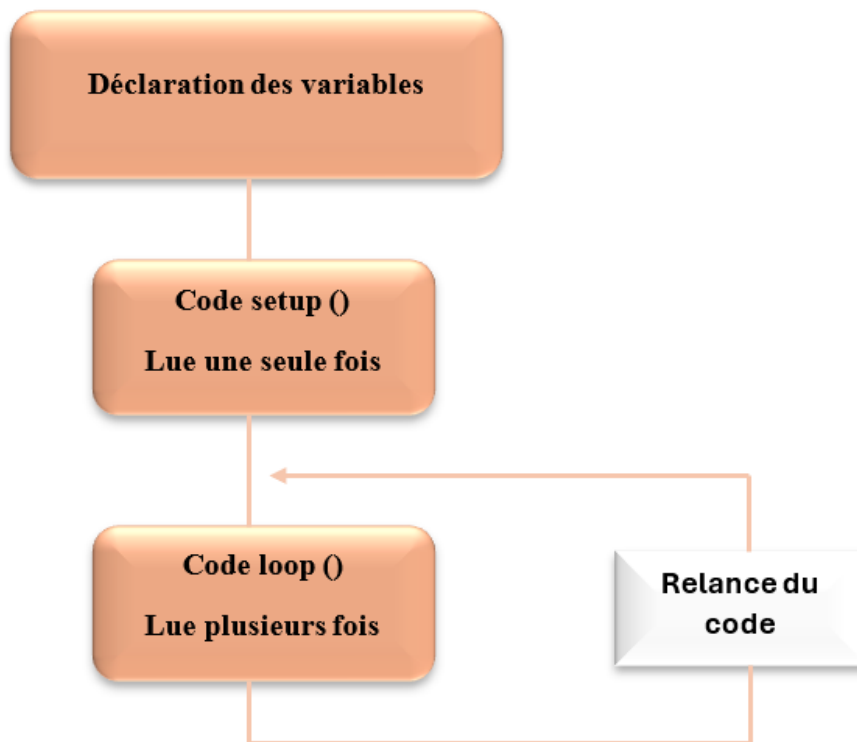


Figure III-1: Structure du langage Arduino

2.1.2. Description de l'interface Arduino :

Le logiciel Arduino offre la possibilité de rédiger des codes à partir du langage C / C++, appelés « sketches », avant de les compiler et de les transférer sur une carte Arduino ou Node MCU via USB.

Par ailleurs, on trouve une multitude de bibliothèques gratuites pour interagir avec les dispositifs reliés à la carte (écrans LCD, lecteur RFID RC522, etc.).

- Une interface graphique avec une barre de menus, comme pour tout logiciel.
- La simplicité d'utilisation de ce programme est due à la disposition d'une série de boutons qui donnent un accès direct aux fonctions essentielles.
- Un éditeur (avec mise en couleur de la syntaxe) pour rédiger le code de vos programmes, doté d'onglets de navigation.
- Une zone d'affichage des messages montre l'état des actions actuellement en cours.
- Une interface en mode texte qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme.

La figure illustre l'interface utilisateur du logiciel Arduino IDE :

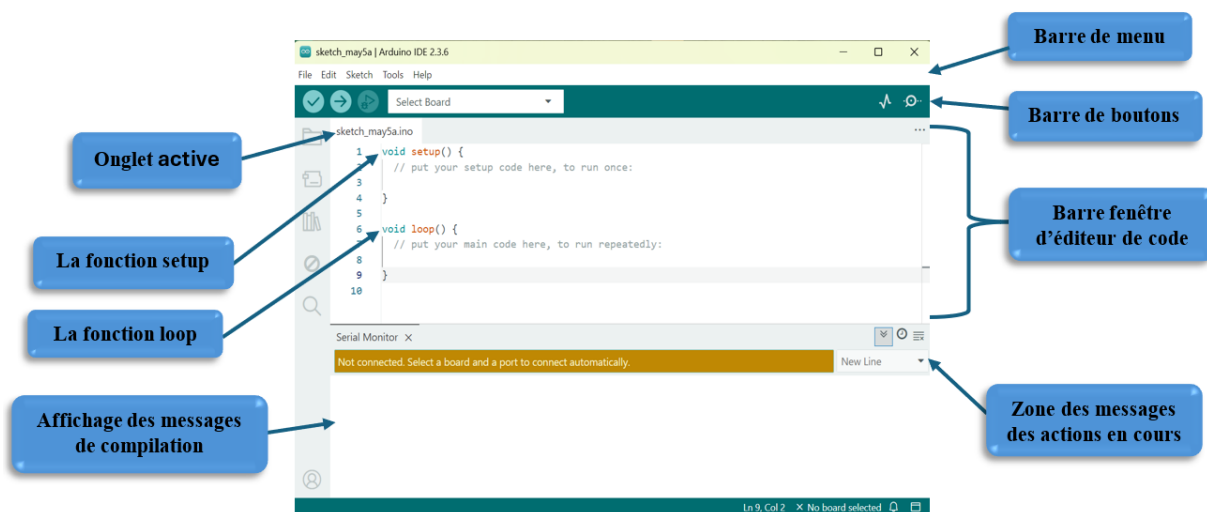


Figure III-2:L'interface de l'IDE Arduino.

2.1.3. Découverte d'Arduino IDE :

L'IDE Arduino offre diverses fonctionnalités qui vous seront pratiques pour la réalisation de programmes.

Le menu :

Nous allons maintenant explorer les fonctionnalités les plus utiles du menu Arduino IDE :

Fichier : Contient des exemples de programmes déjà créés. Il est également possible de modifier la police du texte dans les paramètres ou d'imprimer notre logiciel.

Editer : Il est possible de reproduire notre programme pour l'intégrer directement dans le forum Arduino, ou en html. Vous pouvez également rechercher un mot dans votre programme et augmenter la taille de la police.

Croquis : Ce menu offre les mêmes fonctionnalités que les boutons ci-dessous : Contrôle, Charger. De plus, vous avez la possibilité d'ajouter un fichier à votre projet et de gérer les bibliothèques.

Outils : la partie outils comprend le manager de librairie, le moniteur série et différents types de cartes Arduino parmi lesquels choisir pour le téléchargement.

Aide : Comprend toutes les informations relatives à la version du logiciel et à son utilisation.

Les boutons :

La figure ci-dessous montre la barre de boutons dans l'interface Arduino IDE :

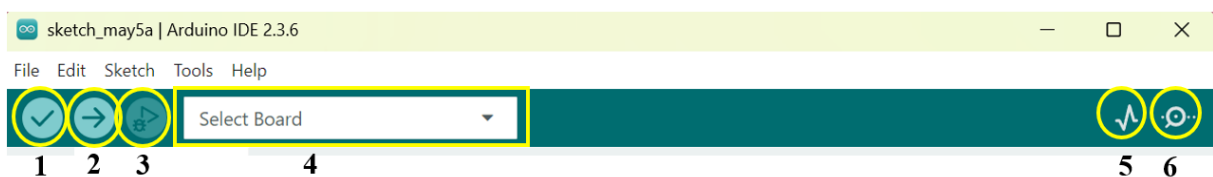


Figure III-3: Les boutons de l'interface Arduino IDE

Nous allons maintenant examiner les boutons les plus utiles de l'IDE Arduino :

Bouton 1	Vérifier	Ce bouton compile le code et identifie les erreurs sans nécessiter de le transférer sur la carte.
Bouton 2	Téléverser	Ce bouton permet de transférer le programme compilé sur la carte Arduino choisie.
Bouton 3	Téléversement avec détection automatique	Compile et téléverse en identifiant automatiquement la carte et le port.
Bouton 4	Choix de la carte	Donne la possibilité de sélectionner le type de carte Arduino employé dans le projet.
Bouton 5	Traceur de série	Montre visuellement les informations obtenues via le port série.
Bouton 6	Moniteur série	Ouvre une fenêtre pour la lecture et l'envoi de données en série avec la carte.

Tableau III-1: les fonctions des boutons dans Arduino IDE

2.1.4. Configuration de l'IDE pour programmer l'ESP8266-NodeMCU :

Une fois que vous avez installé la version appropriée de l'IDE Arduino sur votre appareil, nous passerons à la configuration du module ESP8266-NodeMCU en suivant ces étapes :

- 1) Lancez l'IDE Arduino et accédez à « Fichier » > « Préférences ».

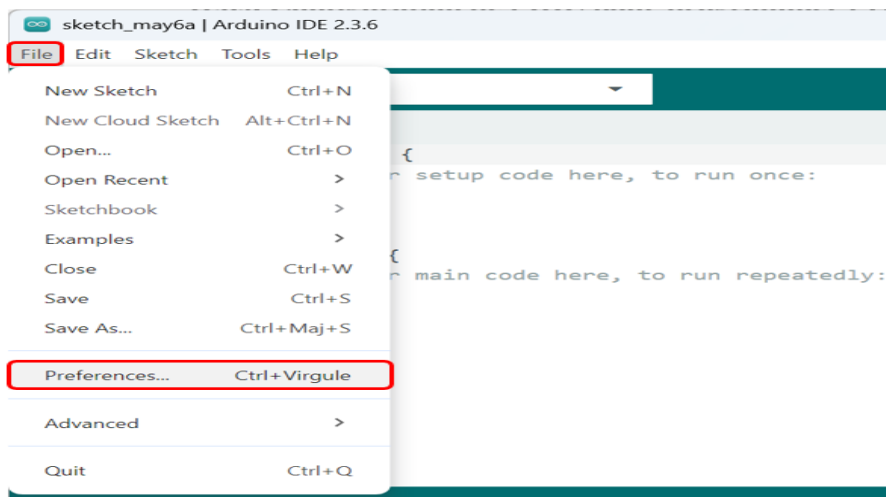


Figure III-4:Arduino IDE-Préférences

- 2) Dans le champ « Additional Boards Manager URLs », entrez l'URL suivante : http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json
- 3) Pour fermer la fenêtre des Préférences, cliquez sur « OK ».

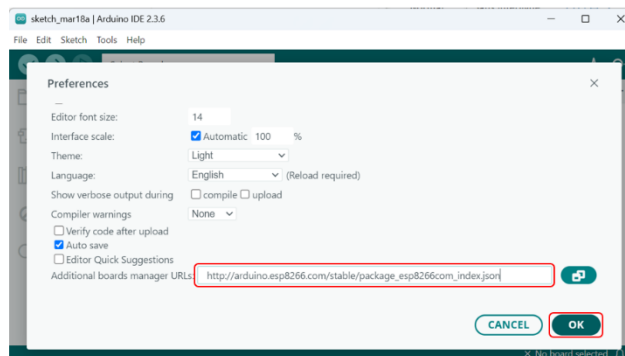


Figure III-5 : Ajout d'ESP8266 dans le board manager

- 4) Accédez à « Outils » > « Tableau » > « Gestionnaire de tableaux ».
- 5) Dans la fenêtre Boards Manager, cherchez « esp8266 » puis sélectionnez « esp8266 par ESP8266 Community ».
- 6) Cliquez sur « Installer » pour continuer l'installation du package de carte ESP8266.

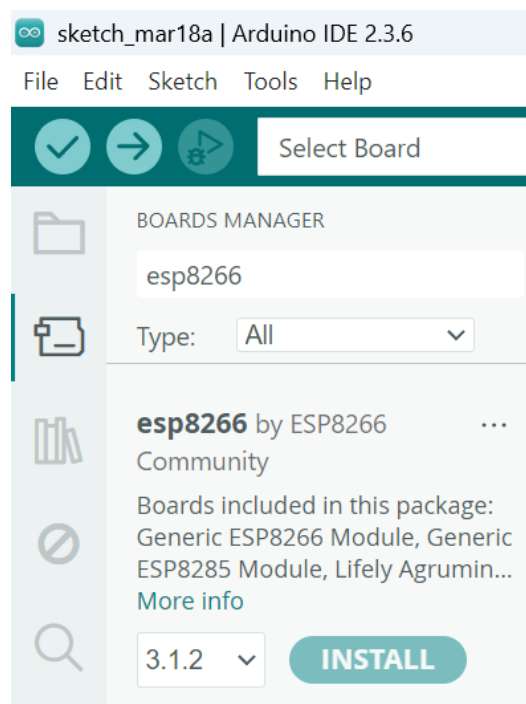


Figure III-6:L'installation de board ESP8266

- 7) Après l'installation, rendez-vous sous « Outils » > « Carte » et choisissez « NodeMCU 1.0 (Module ESP-12E) ».

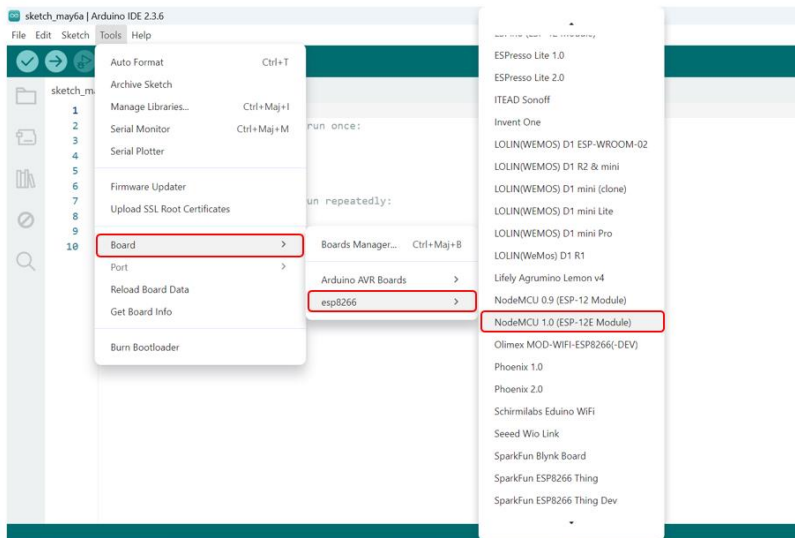


Figure III-7: Le choix de carte NodeMCU 1.0 (Module ESP-12E)

- 8) Ensuite, choisissez le port adéquat pour votre carte NodeMCU en naviguant vers « Outils » > « Port » et en optant pour le port correct (Assurez-vous que le NodeMCU est branché à votre ordinateur via un câble micro-USB).

2.2. Mit app inventor :

MIT App Inventor est une plateforme qui facilite le développement d'applications via une interface de programmation visuelle en ligne pour les smartphones Android. Il permet aux utilisateurs, même débutants, de créer des applications en faisant glisser et en déposant des éléments tels que des boutons, du texte ou des images, sans avoir besoin de maîtriser la programmation.

2.2.1. Environnement MIT App Inventor :

Pour utiliser MIT App Inventor, nous devons d'abord créer un compte sur la plateforme. Cela nous permet de conserver tous nos projets sur la plateforme et d'y accéder à tout moment.

L'interface MIT App Inventor se compose de deux composants principaux : le designer et les blocs.

A. Designer :

Cette partie est dédiée à la conception de l'interface de notre application Android. Cette interface de conception se compose de quatre sous fenêtres, comme illustré dans la figure.

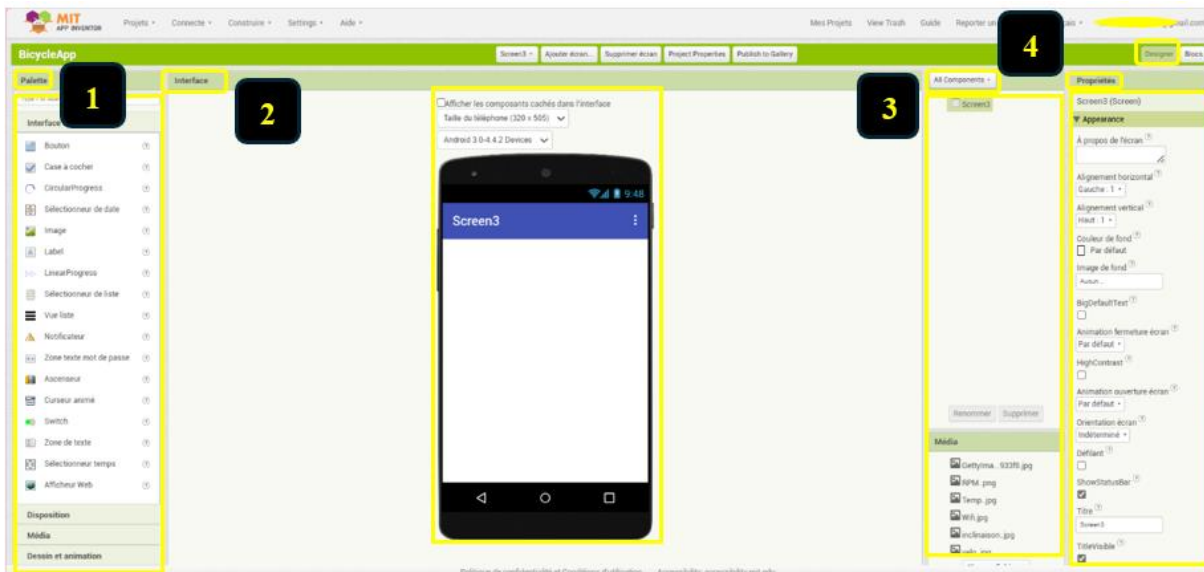


Figure III-8: Interface de conception d'App Inventor affichée dans le mode Designer

Le tableau suivant illustre les diverses sections de l'interface de développement de MIT App Inventor ainsi que leur fonction respective.

	Description
1	Palette : Cette partie comprend tous les composants nécessaires à la conception d'une interface d'application Android, par exemple, une zone de texte, un bouton, une image, etc...
2	Interface : Cette partie fournit une vue actuelle de l'interface de l'application.
3	Composants : Il contient tous les éléments que nous avons intégrés dans notre application.
4	Propriétés : Il est possible de configurer les propriétés des différents éléments utilisés, tels que : la couleur du texte, la taille des boutons, la texture, etc...

Tableau III-2: Présentation des composants de l'interface Designer – App Inventor

B. Blocs :

Cette interface permet de programmer une application Android à l'aide de blocs, en se basant sur les composants intégrés à son interface

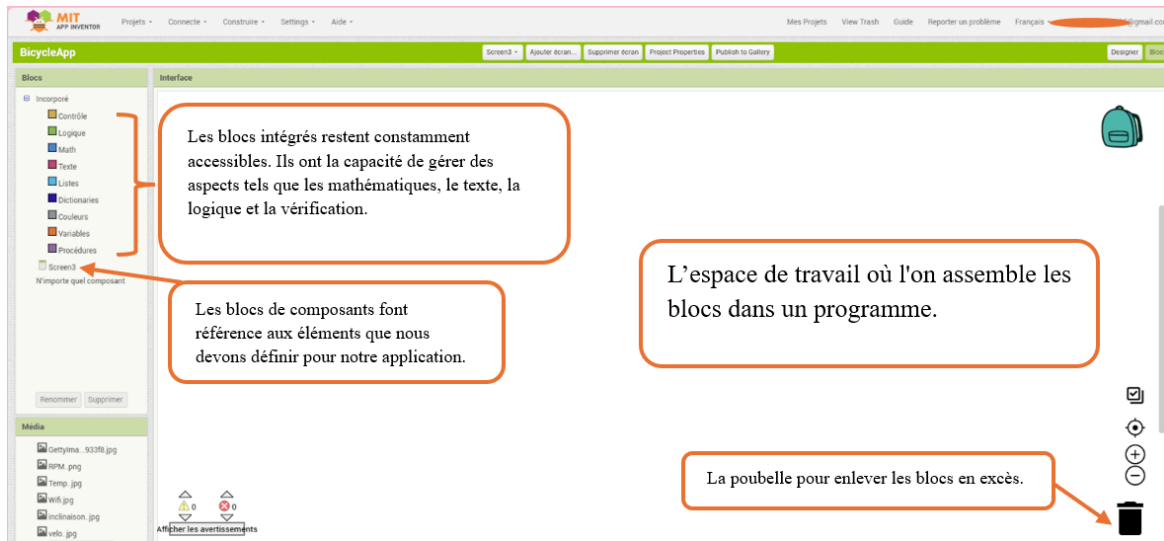


Figure III-9 : Fenêtre Blocks sous MIT App Inventor

Pour passer de la conception théorique à la réalisation concrète de l'application, et non seulement sur une plateforme web, nous devons transformer le travail déjà réalisé en code source (fichier .apk) en utilisant le bouton de construction (build). Cela permettra son installation sur un téléphone portable.

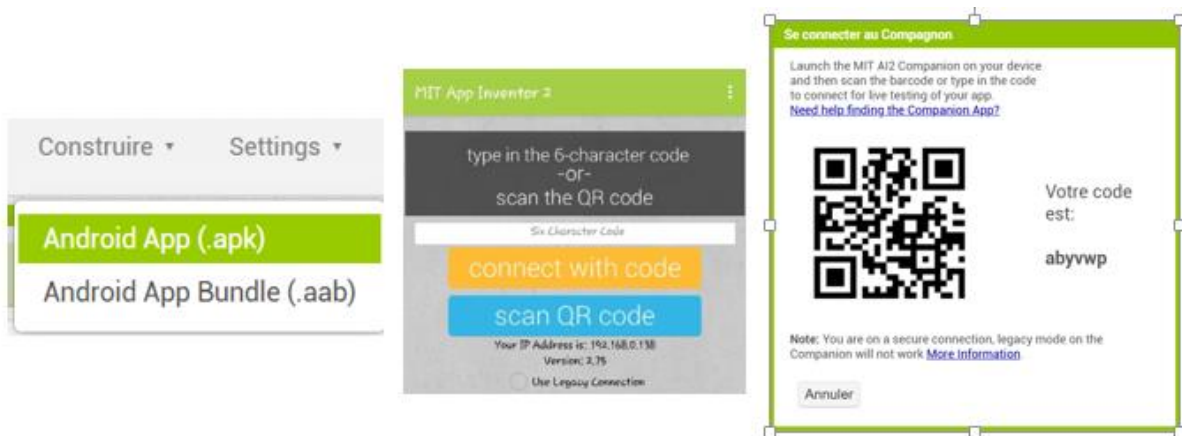


Figure III-10: Méthodes disponibles pour la création du fichier APK à partir d'un projet App Inventor

2.3. Description du programme :

Pour obtenir des résultats tangibles de notre conception matérielle, nous avons dû programmer, calibrer et tester chaque capteur individuellement et indépendamment des autres capteurs. Notre objectif était donc créé un programme plus complet et intégré, combinant les trois parties indépendantes en un seul texte. Cela nous permettrait de mettre en œuvre le système requis qui a été initialement conçu dans le cadre de notre projet.

Par conséquent, pour ce script, il sera nécessaire de combiner trois programmes distincts, chacun avec ses propres variables, commandes et méthodes. Il est donc nécessaire de déterminer la meilleure approche pour éliminer toute duplication ou incohérence et obtenir les résultats souhaités en temps réel sans complications.

Pour ce qui est de cette rubrique nous nous concentrerons sur l'organigramme général de notre projet, qui fournit une illustration graphique assez précise de la séquence d'actions à réaliser pour saisir le déroulé du script final.

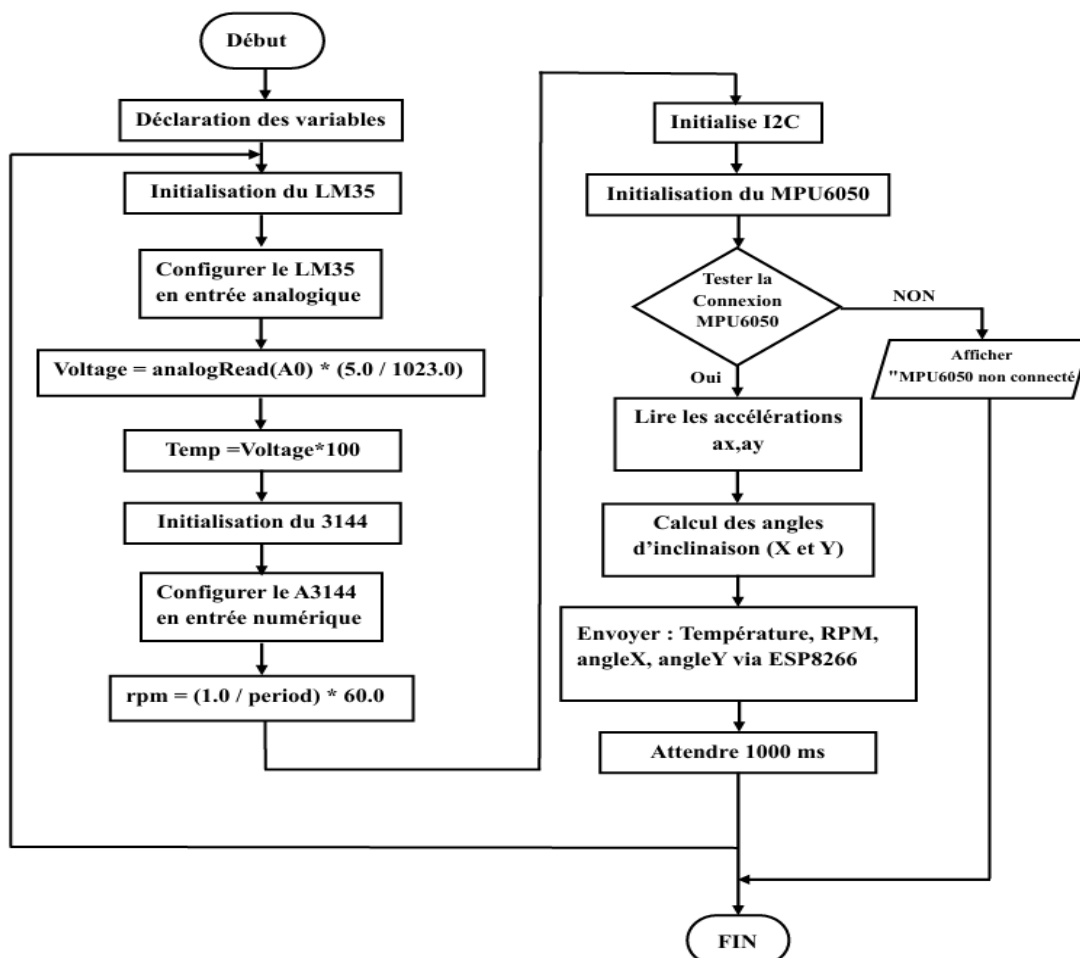


Figure III-11: Organigramme général du programme du système embarqué pour cyclise

À partir de l'image ci-dessus, nous pouvons identifier l'automatique les différentes parties qui composent ce script. En fait, comme tout programme de haute qualité, celui-ci dispose d'un « début » que nous pouvons comparer dans notre système à l'alimentation d'une carte Arduino. Ensuite, nous déclarons les variables, les constantes et les autres bibliothèques nécessaires à l'utilisation des capteurs.

2.3.1. LM35

Comme mentionné précédemment, le capteur de température nécessite une configuration initiale et reçoit un courant de transmission via le port série (ou connexion série), que nous garderons uniforme pour l'ensemble du système : 115200 bauds. Ensuite, nous allons configurer ses sorties, qui se comportent comme les entrées analogiques de l'Arduino. Ensuite, les opérations seront effectuées pour obtenir les résultats en « °C ».

2.3.2. A3144

Le capteur A3144, qui fonctionne sur le principe de l'effet Hall, a la capacité de mesurer la vitesse de rotation d'un composant mécanique (par exemple : une roue). Cet appareil produit une impulsion lorsqu'un champ magnétique (comme un aimant fixé à la roue) se déplace devant lui sans le toucher.

2.3.3. MPU-6050

Tout d'abord, le capteur MPU6050 doit être initialisé via le protocole de communication I2C, facilitant ainsi son interface avec la carte Arduino. Cet appareil comprend un accéléromètre et un gyroscope, cependant, dans notre contexte, nous utilisons uniquement l'accéléromètre pour déterminer les changements d'orientation.

Une fois initialisé, le capteur génère des données brutes selon trois axes (X, Y, Z). Dans notre cas, la pente est spécifiée uniquement le long des axes X et Y. Ces angles sont calculés à l'aide de fonctions trigonométriques sur des valeurs d'accélération, puis exprimés en degrés.

2.4. Transmission des données via Wi-Fi avec l'ESP8266

Grâce à l'ESP8266, configuré pour une vitesse de transfert équivalente à celle d'un port série, nous pourrions transmettre les données des trois capteurs via WiFi et les visualiser sur une application Android.

Cependant, dans notre cas, il n'y a pas de véritable « fin » au programme. La seule façon de terminer la commande est d'éteindre la carte Arduino, ce qui marquera alors automatiquement la fin du programme et du système dans son ensemble.

3. Application Bicycle App :

L'application que nous avons développée dans le cadre de ce projet porte le nom de « BicycleApp ». Les phases générales de conception ont été décrites dans la partie précédente. Nous allons donc examiner le contenu de notre création, qui comprend à la fois la partie Designer et la partie Blocs pour chaque écran que nous sommes amenés à utiliser.

Dans un premier temps, nous aurons une interface d'accueil simple, avec un message introductif, qui servira uniquement de guide pour ce qui suit. Quant au design, une fois que nous aurons inséré l'objet « bouton », nous aurons la possibilité de le personnaliser. D'un point de vue bloc, il serait nécessaire d'intégrer une fonction permettant à l'application de passer au deuxième écran en appuyant simplement sur un bouton.

Voici à quoi ressemblera cet écran :

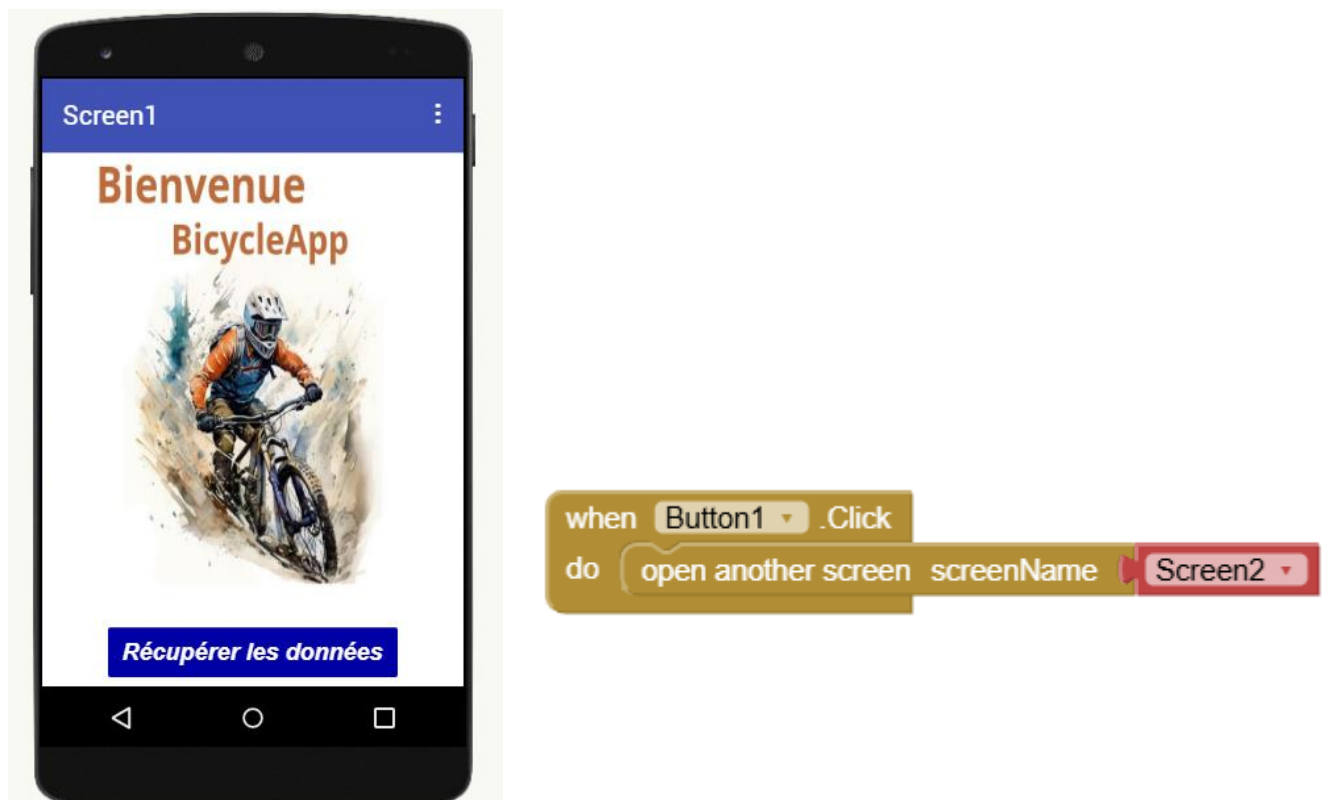


Figure III-12: Représentation de la partie Designer et Blocs de l'écran 1

Deuxièmement, nous disposerons d'un deuxième écran qui offrira davantage de fonctionnalités que le premier. Tout d'abord, parlons du design. Il est nécessaire d'incorporer un composant non-visible depuis l'interface de conception, à savoir : Web1, à travers lequel les requêtes HTTP sont transmises à l'adresse IP. Nous recevons les informations envoyées par le

pour l'inclinaison, la vitesse et la température, ainsi qu'un bouton destiné à rafraîchir les informations. Le design de cet écran est présenté dans la figure III.13.



Figure III-13: Interface du deuxième écran

En dernier lieu, quant à la partie blocs de ce deuxième écran, elle se compose de trois unités principales :

- Dans la première unité, nous avons utilisé un bloc pour définir une variable globale appelée **data List**, que nous avons initialisée comme une liste vide. Cette variable sera utilisée pour stocker les informations envoyées ultérieurement par l'ESP8266. Il s'agit d'une étape simple mais cruciale, car elle permet à l'application de se préparer à recevoir et à organiser les données des capteurs dès qu'elles sont disponibles. Ci-dessous, est illustrée la fonction en question :



Figure III-14: Fonction d'initialisation de données de l'écran 2

- Dans la seconde unité, nous avons configuré le bouton Actualiser les données pour qu'il communique avec le module ESP8266 lorsqu'il est enfoncé. Tout d'abord, nous avons configuré l'URL de Web1 avec l'adresse de l'unité locale : <http://192.168.186.204/data>. Ensuite, nous avons utilisé le module Web1.Get pour effectuer une requête HTTP vers

cette URL. Cette commande demande au microcontrôleur de transmettre les informations du capteur, qui seront automatiquement traitées dans le module suivant à l'aide du bloc Web1.GotText.

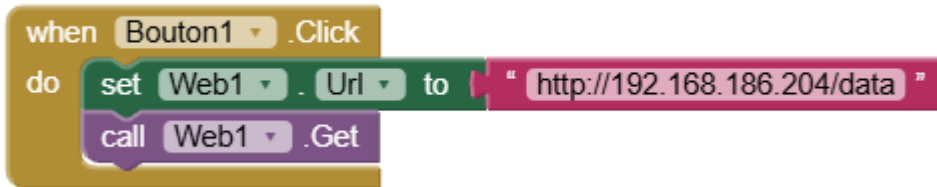
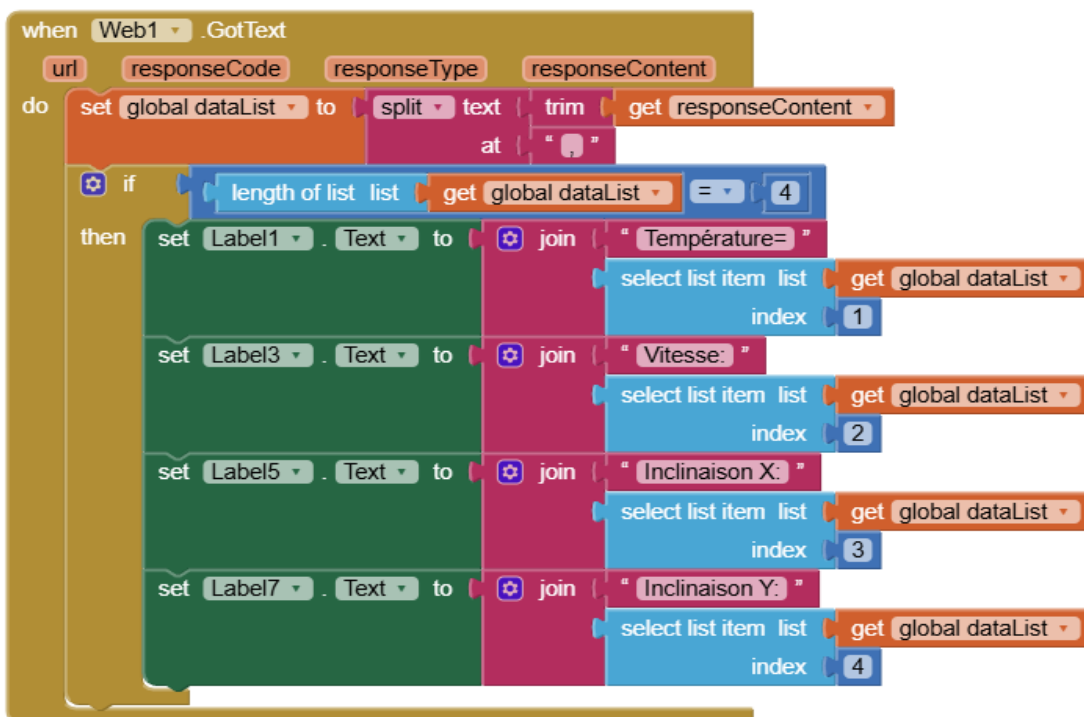


Figure III-15:: Commande de récupération de données via un bouton

- Dans le troisième module, nous avons utilisé le module web1.gottext pour traiter les informations envoyées par l'ESP8266. Une fois la réponse reçue, nous nettoyons le texte à l'aide de la fonction trim, puis le scindons en une liste à l'aide de la fonction split, en utilisant une virgule comme séparateur. La liste résultante est stockée dans la variable de données List. Ensuite, à l'aide d'une condition if, nous nous assurons que la liste contient exactement quatre éléments (température, vitesse, inclinaison X et inclinaison Y) afin d'éviter toute erreur en cas de réponse incomplète. Si toutes les données sont correctes, nous affichons chaque valeur avec son libellé approprié sur l'interface,



accompagnée d'une brève description facilitant la compréhension des données affichées.

4. Tests de fonctionnement et validation :

Une fois la conception du matériel, du logiciel et de l'application Android terminée, nous sommes passés aux tests des fonctionnalités du système.

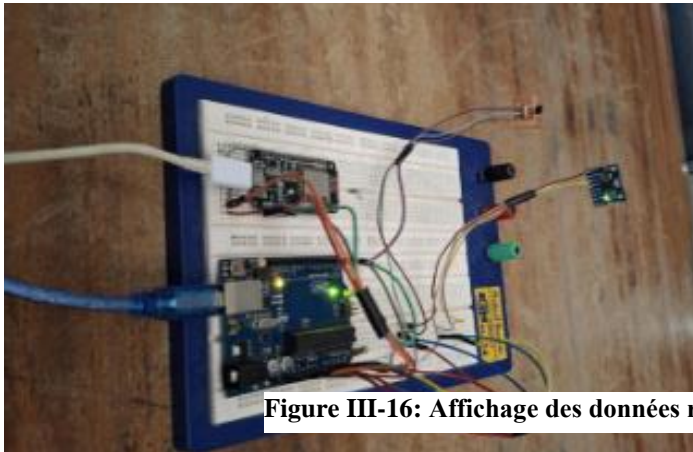


Figure III-16: Affichage des données reçues d'ESP8266

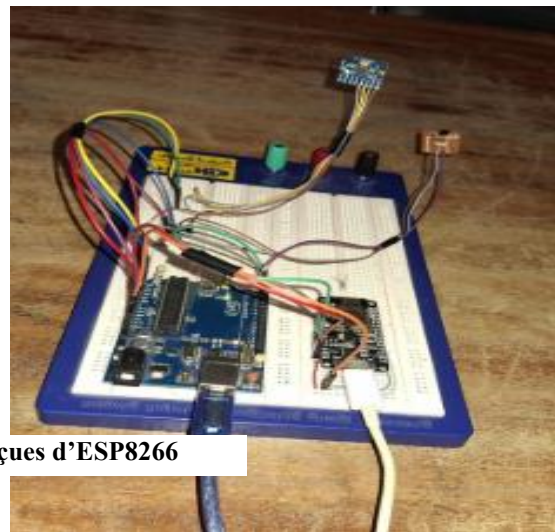


Figure III-17: système d'acquisition des données pour vélo avec une alimentation USB

Voici les résultats les plus marquants surveillés sur BicycleApp :



Figure III-18 : Résultats d'inclinaison, vitesse et température observés sur la BicycleApp

Ci-dessous se trouve un tableau Caractéristique de notre système :

Hardware	Microcontrôleur ATmega328P
Software	Arduino IDE, Application Android
Nombre de capteur	3 (MPU-6050, A3144, LM35)
Traitement data	A distance, Application
Connectivité	WIFI

Tableau III-3: Caractéristiques de notre système pour un vélo

Ci-dessous se trouve un tableau de comparaison entre notre système et les systèmes analysés au Chapitre 1 :

	Hardware	Software	Nombre de capteur	Traitement data	Connectivité
Techno-bike :	Microcontrôleur, DSP, RFID	Arduino IDE, Navigateur web	7	A distance, serveur web	WIFI
MAXQ2000 BIKE MONITOR :	Microcontrôleur, RTC, LCD	Interface de Développement Maxim	4	Local, Affichage sur LCD	Non disponible
Garmin Edge 530 :	Microcontrôleur, GPS, Capteur ANT+	Garmin connect	6	Connecte via smartphone ou PC	WIFI, Bluetooth, ANT+
Wahoo ELEMNT BOLT :	Microcontrôleur, GPS, Capteur ANT+	Application Wahoo ELEMNT	6	Sur l'appareil + Synchronisation via application mobile	WIFI, Bluetooth, ANT+
BicycleApp	Microcontrôleur ATmega328P	Arduino IDE, Application Android	3	A distance, Application mobile	WIFI

Tableau III-4: Comparaison des caractéristiques entre les systèmes étudiés

5. Conclusion

Ce dernier volet finalise notre projet en mettant l'accent sur la dimension logicielle, un complément indispensable au module d'acquisition. De la programmation du microcontrôleur avec l'IDE Arduino à la conception de l'interface utilisateur grâce au MIT App Inventor, nous avons réussi à réaliser un système intégré combinant la collecte, le traitement et la

transmission sans fil des données pour une visualisation en direct. Cette partie a offert une chance concrète d'appréhender la relation entre le matériel et le logiciel, ce qui augmente les chances de concevoir des solutions intelligentes et performantes pour le suivi en direct de l'état et de l'environnement du vélo.

Conclusion général

Conclusion général

A travers ce travail, nous avons développé et implémenté un système d'acquisition de collecte de données pour le vélo, en combinant des capteurs (température, vitesse, mouvement), un microcontrôleur (Arduino Uno) et un module de communication sans fil (ESP8266). Le système permet de mesurer et transmettre instantanément des données importantes pour évaluer les conditions de conduite et améliorer les performances du cycliste. L'interface mobile conviviale, développée à l'aide de MIT App Inventor, permet d'accéder aux données et améliore l'interaction intuitive de l'utilisateur.

Ce projet nous a ouvert la porte à l'exploration de différents domaines techniques : l'électronique des capteurs, la programmation, la communication Wi-Fi et enfin, la création d'une application mobile. Malgré certaines limites liées à la précision des capteurs ou à la stabilité de la communication sans fil, le système élaboré a prouvé son efficacité lors des essais effectués.

Par ailleurs, ces travaux créent des perspectives pour de multiples améliorations. Par exemple, l'intégration d'un GPS pour le suivi de la position, de capteurs de pression des pneus pour contrôler l'état des roues, de détecteurs de qualité de l'air pour mesurer l'environnement, ou encore de capteurs de rythme cardiaque pour observer la forme physique du cycliste peut être pertinente. Il serait aussi possible d'intégrer une carte SD pour le stockage des informations, ou d'utiliser des algorithmes d'analyse sophistiqués pour offrir des statistiques plus exactes concernant les performances d'un cycliste. De plus, une version plus compacte et imperméable de l'appareil faciliterait son utilisation dans des conditions réelles.

En somme, ce projet constitue une étape initiale vers des solutions intelligentes et accessibles dans les domaines du sport, de la santé et de la mobilité

Références

- [1] S. Oussama, Étude d'une chaîne d'acquisition de données, 2022.
- [2] «CH1 Introduction aux Systèmes Acquisition et Traitement des Données,» [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/793158140/CH1-Introduction-Aux-Systemes-Acquisition-Et-Traitement-Des-Donnees>. [Accès le 06 04 2025].
- [3] Scribd, «Chap 01 - Chaîne D'acquisition Et de Mesure de Données,» *Scribd*, p. 2.
- [4] G. a. e. coll, «« Les capteurs en instrumentation industrielle », 7eme édition.,» *Dunod*, 2010.
- [5] A. Berkane, N. C. E. Berkane et Z. Slimane, «Étude et réalisation d'un capteur passif pour le suivi de l'évolution de la corrosion,» 2020.
- [6] H. El idrissi, «Cours Capteurs,» Scribd, 2025. [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/384013316/COURS-Capteurs>. [Accès le 7 Avril 2025].
- [7] N. Bourouba, «Chapitre 2: Capteurs, types et caractéristiques,» 3ieme Année Licence Electronique, 7 avril 2025. [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/631718056/Chapitre-2-Capteurs-Types-Et-Characteristiques-1>. [Accès le 7 Avril 2025].
- [8] Scribd, «Cours Capteurs,» Scribd, 2025. [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/539188300/cours-capteurs>. [Accès le 07 avril 2025].
- [9] L. Hulatt, «StudySmarter,» 15 october 2025. [En ligne]. Available: <https://www.studysmarter.fr/resumes/ingenierie/ingenierie-des-telecommunications/amplification-de-signal/>.
- [10] Lycée Félix Le Dantec, «Amplifier un signal,» 2020.
- [11] B. Decoux, «Traitement du Signal Déterministe – Partie 3 : Filtrage,» [En ligne]. Available: http://benoit.decoux.free.fr/ENSEIGNEMENT/SIGNAL/CNAM/CNAM_cours_support_3.pdf.
- [12] « Laboratoire Parole et Langage (LPL),» [En ligne]. Available: <http://www2.lpl-aix.fr/~fulltext/2758.pdf>.

Références bibliographiques

- [13] «Conversions analogique - numérique et numérique - analogique.,» [En ligne]. Available: https://www.emse.fr/~dutertre/documents/cours_convertisseurs.pdf.
- [14] G. M. Smith, «Dewesoft,» 18 février 2025. [En ligne]. Available: <https://dewesoft.com/fr/blog/types-de-convertisseurs-adc>.
- [15] M.AOUADJ, «Université Batna 2 (staff.univ-batna2.dz),» [En ligne]. Available: https://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/aouadj-mounir/files/chapitre5-convertisseurs_can-cna.pdf.
- [16] «microprocesseur et microcontrôleur,» [En ligne]. Available: https://dautrylimoges.scenari-community.org/TSTI2D/MCU_web/res/QP1.pdf.
- [17] R. John, «A quoi servent les microcontrôleurs dans les systèmes embarqués ?,» 30 Septembre 2024. [En ligne]. Available: <https://microcontroltopix.com/fr/a-quoi-servent-les-microcontrolleurs-dans-les-systemes-embarques/>.
- [18] «Microcontrôleurs / Qu'est-ce qu'un microcontrôleur ?,» [En ligne]. Available: <https://lense.institutoptique.fr/mine/microcontrolleurs-quest-ce-quun-microcontrolleur/>.
- [19] «Lenovo Canada,» [En ligne]. Available: <https://canada.lenovo.com/fr/ca/en/glossary/microcontroller-vs-microprocessor/>.
- [20] A. Grama, D. Petreus, C. Baciú, B. Bia, O. Coca et V. Socaciú, «Smart Bike Improvement Using Embedded Systems,» *IEEE Xplore*, 2018.
- [21] K. Ardis, «Maxim Integrated Products».
- [22] D. Wortmanle, «Garmin Edge 530,» 16 juillet 2024. [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/751023289/Garmin-Edge-530>.
- [23] «Wahoo Elemnt Bolt V2 - AVIS & TEST | GPS vélo | Wahoo,» [En ligne]. Available: <https://velo-critique.com/compteur-velo/wahoo/element-bolt/>.
- [24] Components101, «arduino UNO,» 2025. [En ligne]. Available: <https://components101.com/microcontrollers/arduino-uno..>

Références bibliographiques

- [25] b. pipo, «Arduino en Pratique Avec 10 Leçons | PDF | Arduino | Microcontrôleur,» 24 05 2020. [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/462871490/Arduino-En-pratique-Avec-10-Lecons..>
- [26] I. B. Diff et s. M. Touenti , «Réalisation d'un détecteur de flamme et du gaz CO.,» Faculté de Technologie Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen, Tlemcen, 2022.
- [27] A. baelbachir, «COMMANDE VOCALE POUR ÉQUIPEMENTS DOMESTIQUES À BASE D'UNE CARTE ARDUINO,» Faculté de Technologie Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen, Tlemcen, 2023.
- [28] «Dispositif de suivi de™ mouvement MEMS à six axes (gyroscope + accéléromètre),» TDK Invensense, [En ligne]. Available: <https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/>.
- [29] «module mpu6050 et arduino une question dequilibre,» Atelie de la robotique , 14 02 2024. [En ligne]. Available: <https://www.atelierdelarobotique.fr/module-mpu6050-et-arduino-une-question-dequilibre>.
- [30] «MPU6050 Accelerometer and Gyroscope Sensor Guide with Arduino Programming,» ElectronicWings, [En ligne]. Available: <https://www.electronicwings.com/sensors%20modules/mpu6050-gyroscope-accelerometer-temperature-sensor-module>.
- [31] A. K. Fikri, «MPU6050 Pinout, Configuration, Features, Arduino Interfacing & Datasheet,» 06 11 2020. [En ligne]. Available: <https://www.scribd.com/document/433668374/MPU6050-Pinout-Configuration-Features-Arduino-Interfacing-Datasheet>.
- [32] a. rai, «MPU 6050 GY-521 Datasheet | PDF | Accelerometer | Gyroscope,» scribd, 26 11 2017. [En ligne]. Available: <https://www.scribd.com/document/365515770/MPU-6050-GY-521-Datasheet>.
- [33] «Capteur effet Hall A3144,» [En ligne]. Available: <https://letmeknow.fr/fr/composants/2345-capteur-effet-hall-a3144-642613877657.html>.
- [34] «A3144 Hall Effect Sensor: Pinout, Alternatives, and Applications,» *Allelco Elec*, 21 10 2024.

Références bibliographiques

- [35] y. akrouit, «Capteurs de Températures LM35,» scribd, 09 12 2021. [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/545813133/Capteurs-de-temperatures-LM35>.
- [36] «Electronique 3D,» [En ligne]. Available: http://www.electronique-3d.fr/Le_capteur_de_temperature_LM35.html.
- [37] «Arduino France,» [En ligne]. Available: <https://arduino-france.site/capteur-lm35/>.
- [38] M. ALOUBA et A. BENHALIMA, «Réalisation d'un réseau MODBUS : Application industrielle,» 2022.
- [39] «ESP8266 V1.3 WiFi Module,» HandsOn Technology, [En ligne]. Available: <https://handsontec.com/dataspecs/module/esp8266-V13.pdf>.
- [40] «Components101,» NodeMCU ESP8266, [En ligne]. Available: <https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet>.
- [41] A. Factory, Écrivain, *Arduino IDE - Logiciel de programmation Arduino*. [Performance]. 2022.
- [42] *Cours Résumé Sue Arduino*. [Performance]. Scribd, <https://fr.scribd.com/presentation/618413775/Cours-Resume-Sue-Arduino>.
- [43] «Introduction to NodeMCU,» ElectronicWings, [En ligne]. Available: <https://www.electronicwings.com/nodemcu/introduction-to-nodemcu>.

Features

- High Performance, Low Power AVR[®] 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1K Bytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4 MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz@2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.75 µA (Including 32 kHz RTC)



**8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 4/8/16/32K
Bytes In-System
Programmable
Flash**

**ATmega48A
ATmega48PA
ATmega88A
ATmega88PA
ATmega168A
ATmega168PA
ATmega328
ATmega328P**

Summary

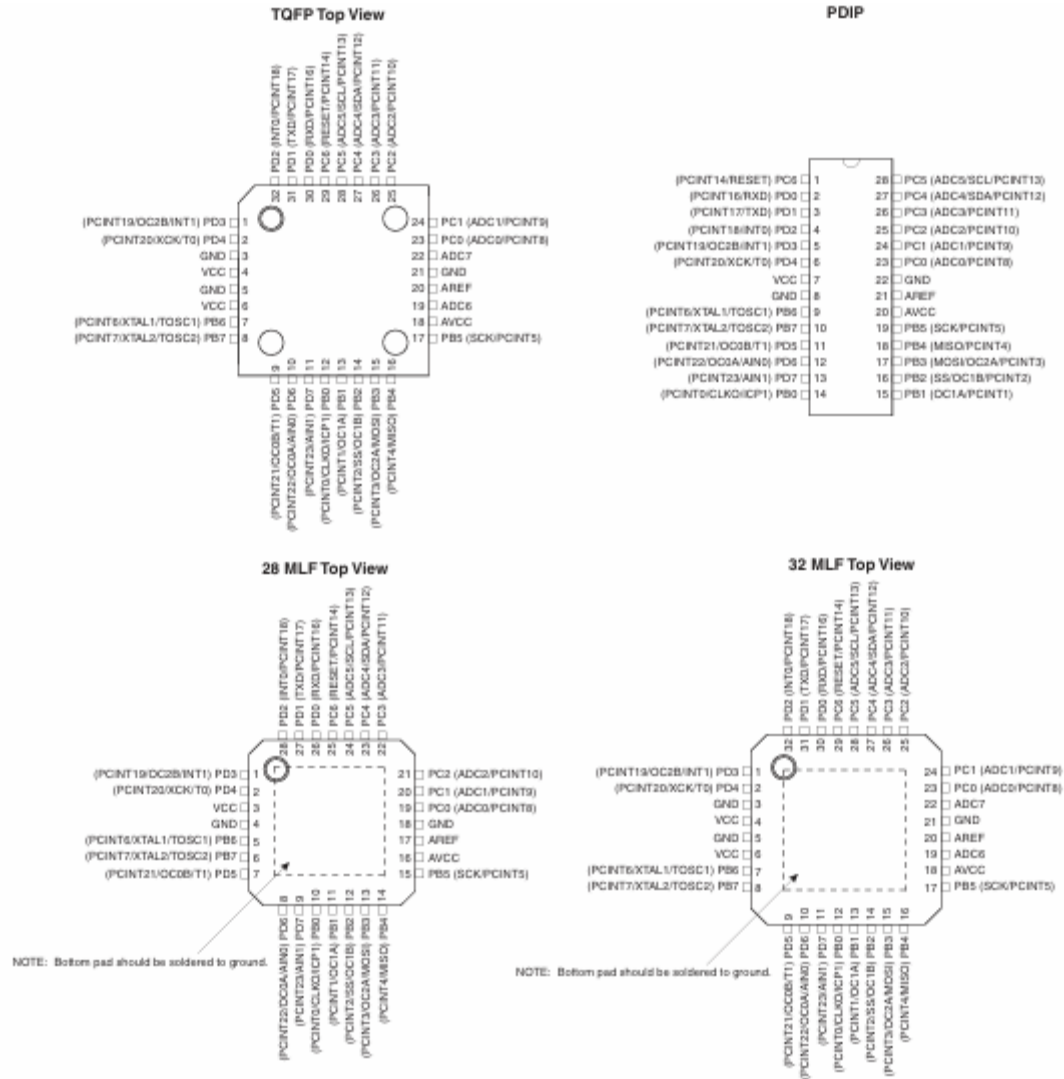
Rev. 8271BS-AVR-04/10



ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P



	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	--	---

5 Features

5.1 Gyroscope Features

The triple-axis MEMS gyroscope in the MPU-60X0 includes a wide range of features:

- Digital-output X-, Y-, and Z-Axis angular rate sensors (gyroscopes) with a user-programmable full-scale range of ± 250 , ± 500 , ± 1000 , and $\pm 2000^\circ/\text{sec}$
- External sync signal connected to the FSYNC pin supports image, video and GPS synchronization
- Integrated 16-bit ADCs enable simultaneous sampling of gyros
- Enhanced bias and sensitivity temperature stability reduces the need for user calibration
- Improved low-frequency noise performance
- Digitally-programmable low-pass filter
- Gyroscope operating current: 3.6mA
- Standby current: 5 μ A
- Factory calibrated sensitivity scale factor
- User self-test

5.2 Accelerometer Features

The triple-axis MEMS accelerometer in MPU-60X0 includes a wide range of features:

- Digital-output triple-axis accelerometer with a programmable full scale range of $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ and $\pm 16g$
- Integrated 16-bit ADCs enable simultaneous sampling of accelerometers while requiring no external multiplexer
- Accelerometer normal operating current: 500 μ A
- Low power accelerometer mode current: 10 μ A at 1.25Hz, 20 μ A at 5Hz, 60 μ A at 20Hz, 110 μ A at 40Hz
- Orientation detection and signaling
- Tap detection
- User-programmable interrupts
- High-G interrupt
- User self-test

5.3 Additional Features

The MPU-60X0 includes the following additional features:

- 9-Axis MotionFusion by the on-chip Digital Motion Processor (DMP)
- Auxiliary master I²C bus for reading data from external sensors (e.g., magnetometer)
- 3.9mA operating current when all 6 motion sensing axes and the DMP are enabled
- VDD supply voltage range of 2.375V-3.46V
- Flexible VLOGIC reference voltage supports multiple I²C interface voltages (MPU-6050 only)
- Smallest and thinnest QFN package for portable devices: 4x4x0.9mm
- Minimal cross-axis sensitivity between the accelerometer and gyroscope axes
- 1024 byte FIFO buffer reduces power consumption by allowing host processor to read the data in bursts and then go into a low-power mode as the MPU collects more data
- Digital-output temperature sensor
- User-programmable digital filters for gyroscope, accelerometer, and temp sensor
- 10,000 g shock tolerant
- 400kHz Fast Mode I²C for communicating with all registers
- 1MHz SPI serial interface for communicating with all registers (MPU-6000 only)
- 20MHz SPI serial interface for reading sensor and interrupt registers (MPU-6000 only)

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	--	---

- MEMS structure hermetically sealed and bonded at wafer level
- RoHS and Green compliant

5.4 MotionProcessing

- Internal Digital Motion Processing™ (DMP™) engine supports 3D MotionProcessing and gesture recognition algorithms
- The MPU-60X0 collects gyroscope and accelerometer data while synchronizing data sampling at a user defined rate. The total dataset obtained by the MPU-60X0 includes 3-Axis gyroscope data, 3-Axis accelerometer data, and temperature data. The MPU's calculated output to the system processor can also include heading data from a digital 3-axis third party magnetometer.
- The FIFO buffers the complete data set, reducing timing requirements on the system processor by allowing the processor burst read the FIFO data. After burst reading the FIFO data, the system processor can save power by entering a low-power sleep mode while the MPU collects more data.
- Programmable interrupt supports features such as gesture recognition, panning, zooming, scrolling, tap detection, and shake detection
- Digitally-programmable low-pass filters
- Low-power pedometer functionality allows the host processor to sleep while the DMP maintains the step count.

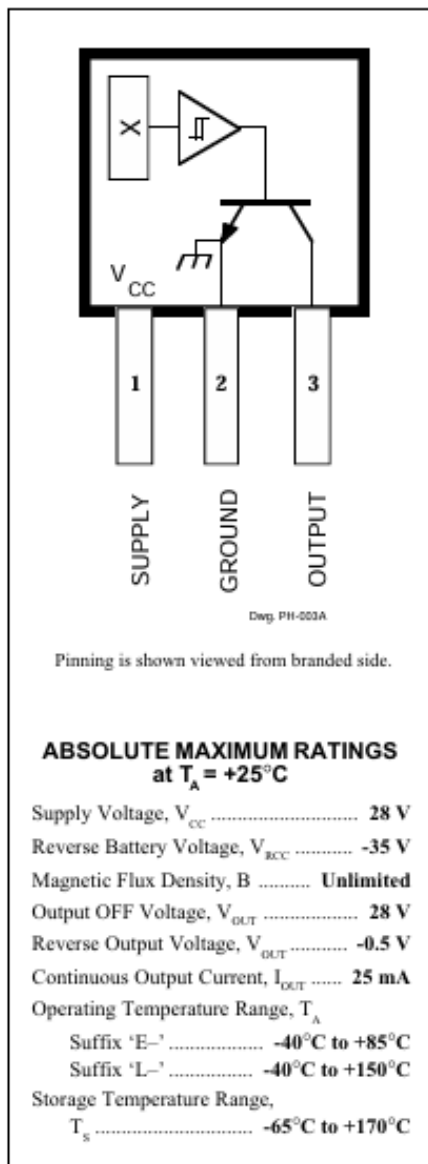
5.5 Clocking

- On-chip timing generator $\pm 1\%$ frequency variation over full temperature range
- Optional external clock inputs of 32.768kHz or 19.2MHz

3141 THRU 3144

Data Sheet
27621.68*

SENSITIVE HALL-EFFECT SWITCHES FOR HIGH-TEMPERATURE OPERATION



These Hall-effect switches are monolithic integrated circuits with tighter magnetic specifications, designed to operate continuously over extended temperatures to +150°C, and are more stable with both temperature and supply voltage changes. The unipolar switching characteristic makes these devices ideal for use with a simple bar or rod magnet. The four basic devices (3141, 3142, 3143, and 3144) are identical except for magnetic switch points.

Each device includes a voltage regulator for operation with supply voltages of 4.5 to 24 volts, reverse battery protection diode, quadratic Hall-voltage generator, temperature compensation circuitry, small-signal amplifier, Schmitt trigger, and an open-collector output to sink up to 25 mA. With suitable output pull up, they can be used with bipolar or CMOS logic circuits. The A3141- and A3142- are improved replacements for the UGN/UGS3140-; the A3144- is the improved replacement for the UGN/UGS3120-.

The first character of the part number suffix determines the device operating temperature range. Suffix 'E-' is for the automotive and industrial temperature range of -40°C to +85°C. Suffix 'L-' is for the automotive and military temperature range of -40°C to +150°C. Three package styles provide a magnetically optimized package for most applications. Suffix '-LT' is a miniature SOT89/TO-243AA transistor package for surface-mount applications; suffix '-UA' is a three-lead ultra-mini-SIP.

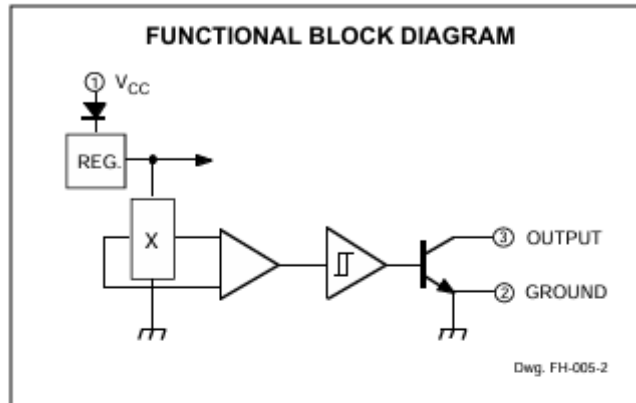
FEATURES and BENEFITS

- Superior Temp. Stability for Automotive or Industrial Applications
- 4.5 V to 24 V Operation ... Needs Only An Unregulated Supply
- Open-Collector 25 mA Output ... Compatible with Digital Logic
- Reverse Battery Protection
- Activate with Small, Commercially Available Permanent Magnets
- Solid-State Reliability
- Small Size
- Resistant to Physical Stress

Always order by complete part number, e.g., **A3141ELT**.



3141 THRU 3144
SENSITIVE
HALL-EFFECT SWITCHES
FOR HIGH-TEMP. OPERATION



ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $V_{CC} = 8\text{ V}$ over operating temperature range.

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Limits			Units
			Min.	Typ.	Max.	
Supply Voltage	V_{CC}	Operating	4.5	—	24	V
Output Saturation Voltage	$V_{OUT(SAT)}$	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$, $B > B_{OP}$	—	175	400	mV
Output Leakage Current	I_{OFF}	$V_{OUT} = 24\text{ V}$, $B < B_{RP}$	—	<1.0	10	μA
Supply Current	I_{CC}	$B < B_{RP}$ (Output OFF)	—	4.4	9.0	mA
Output Rise Time	t_r	$R_L = 820\ \Omega$, $C_L = 20\ \text{pF}$	—	0.04	2.0	μs
Output Fall Time	t_f	$R_L = 820\ \Omega$, $C_L = 20\ \text{pF}$	—	0.18	2.0	μs

MAGNETIC CHARACTERISTICS in gauss over operating supply voltage range.

Characteristic	Part Numbers*											
	A3141-			A3142-			A3143-			A3144-		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
B_{OP} at $T_A = 25^\circ\text{C}$	50	100	160	130	180	230	220	280	340	70	—	350
over operating temp. range	30	100	175	115	180	245	205	280	355	35	—	450
B_{RP} at $T_A = 25^\circ\text{C}$	10	45	130	75	125	175	165	225	285	50	—	330
over operating temp. range	10	45	145	60	125	190	150	225	300	25	—	430
B_{HYS} at $T_A = 25^\circ\text{C}$	20	55	80	30	55	80	30	55	80	20	55	—
over operating temp. range	20	55	80	30	55	80	30	55	80	20	55	—

NOTES: Typical values are at $T_A = +25^\circ\text{C}$ and $V_{CC} = 8\text{ V}$.

B_{OP} = operate point (output turns ON); B_{RP} = release point (output turns OFF); B_{HYS} = hysteresis ($B_{OP} - B_{RP}$).

1 gauss (G) is exactly equal to 0.1 millitesla (mT).

*Complete part number includes a suffix to identify operating temperature range (E- or L-) and package type (-LT or -UA).



115 Northeast Cutoff, Box 15036
 Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
 Copyright © 1993, 2002 Allegro Microsystems, Inc.

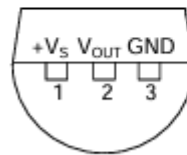
5 Pin Configuration and Functions

NDV Package
3-Pin TO-CAN
(Top View)

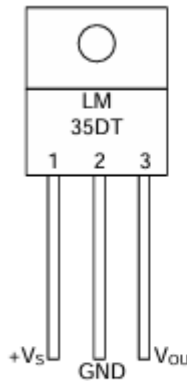


Case is connected to negative pin (GND)
Refer the second NDV0003H page for reference

LP Package
3-Pin TO-92
(Bottom View)



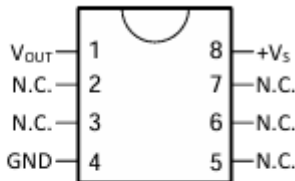
NEB Package
3-Pin TO-220
(Top View)



Tab is connected to the negative pin (GND).

NOTE: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP

D Package
8-PIN SOIC
(Top View)



N.C. = No connection

Pin Functions

NAME	PIN				TYPE	DESCRIPTION
	TO46	TO92	TO220	SO8		
V _{OUT}	2	2	3	1	O	Temperature Sensor Analog Output
N.C.	—	—	—	2	—	No Connection
	—	—	—	3		
GND	3	3	2	4	GROUND	Device ground pin, connect to power supply negative terminal
N.C.	—	—	—	5	—	No Connection
	—	—	—	6		
	—	—	—	7		
+V _S	1	1	1	8	POWER	Positive power supply pin

Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd.

2. Feature

- Wireless transceiver
 - Sensitivity (Bit error rate) can reach -80dBm.
 - The change range of output's power: -4 - +6dBm.
- Function description (perfect Bluetooth solution)
 - Has an EDR module; and the change range of modulation depth: 2Mbps - 3Mbps.
 - Has a build-in 2.4GHz antenna; user needn't test antenna.
 - Has the external 8Mbit FLASH
 - Can work at the low voltage (3.1V~4.2V). The current in pairing is in the range of 30~40mA. The current in communication is 8mA.
 - Standard HCI Port (UART or USB)
 - USB Protocol: Full Speed USB1.1, Compliant With 2.0
 - This module can be used in the SMD.
 - It's made through RoHS process.
 - The board PIN is half hole size.
 - Has a 2.4GHz digital wireless transceiver.
 - Bases at CSR BC04 Bluetooth technology.
 - Has the function of adaptive frequency hopping.
 - Small (27mm×13mm×2mm)
 - Peripherals circuit is simple.
 - It's at the Bluetooth class 2 power level.
 - Storage temperature range: -40 ℃ - 85℃, work temperature range: -25 ℃ - +75℃
 - Any wave inter Interference: 2.4MHz, the power of emitting: 3 dBm.
 - Bit error rate: 0. Only the signal decays at the transmission link, bit error may be produced. For example, when RS232 or TTL is being processed, some signals may decay.
- Low power consumption
- Has high-performance wireless transceiver system
- Low Cost

www.wavesen.com Phone: 020-84083341 Fax: 020-84332079 QQ:1043073574
Address: Room 527, No.13, Jiangong Road, Tianhe software park, Tianhe district, Guangzhou Post: 510660
Technology consultant: support@wavesen.com Business consultant: sales@wavesen.com
Complaint and suggestion: sunbirdit@hotmail.com

- Application fields:
 - Bluetooth Car Handsfree Device
 - Bluetooth GPS
 - Bluetooth PCMCIA , USB Dongle
 - Bluetooth Data Transfer
- Software
 - CSR

3. PINs description

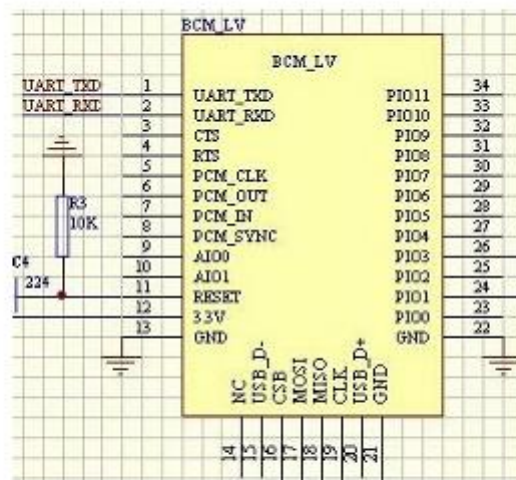



Figure 3 PIN configuration

The PINs at this block diagram is as same as the physical one.

PIN Name	PIN #	Pad type	Description	Note
GND	13 21 22	VSS	Ground pot	
1V8	14	VDD	Integrated 1.8V (+) supply with On-chip linear regulator output within 1.7-1.9V	
VCC	12	3.3V		
AIO0	9	Bi-Directional	Programmable input/output line	
AIO1	10	Bi-Directional	Programmable input/output line	

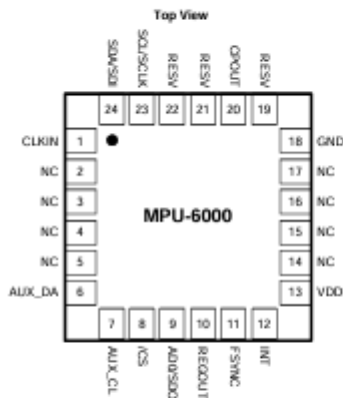
www.wavesen.com Phone: 020-84083341 Fax: 020-84332079 QQ:1043073574
 Address: Room 527, No.13, Jiangong Road, Tianhe software park, Tianhe district, Guangzhou Post: 510660
 Technology consultant: support@wavesen.com Business consultant: sales@wavesen.com
 Complaint and suggestion: sunbirdit@hotmail.com

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	--	---

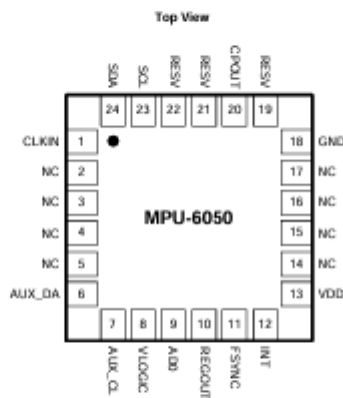
7 Applications Information

7.1 Pin Out and Signal Description

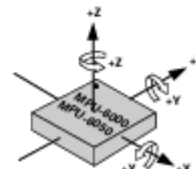
Pin Number	MPU-6000	MPU-6050	Pin Name	Pin Description
1	Y	Y	CLKIN	Optional external reference clock input. Connect to GND if unused.
6	Y	Y	AUX_DA	I ² C master serial data, for connecting to external sensors
7	Y	Y	AUX_CL	I ² C Master serial clock, for connecting to external sensors
8	Y		JCS	SPI chip select (0-SPI mode)
8		Y	VLOGIC	Digital I/O supply voltage
9	Y		AD0 / SDO	I ² C Slave Address LSB (AD0); SPI serial data output (SDO)
9		Y	AD0	I ² C Slave Address LSB (AD0)
10	Y	Y	REGOUT	Regulator filter capacitor connection
11	Y	Y	FSYNC	Frame synchronization digital input. Connect to GND if unused.
12	Y	Y	INT	Interrupt digital output (totem pole or open-drain)
13	Y	Y	VDD	Power supply voltage and Digital I/O supply voltage
18	Y	Y	GND	Power supply ground
19, 21	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
20	Y	Y	CPOUT	Charge pump capacitor connection
22	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
23	Y		SCL / SCLK	I ² C serial clock (SCL); SPI serial clock (SCLK)
23		Y	SCL	I ² C serial clock (SCL)
24	Y		SDA / SDI	I ² C serial data (SDA); SPI serial data input (SDI)
24		Y	SDA	I ² C serial data (SDA)
2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17	Y	Y	NC	Not internally connected. May be used for PCB trace routing.



QFN Package
24-pin, 4mm x 4mm x 0.9mm



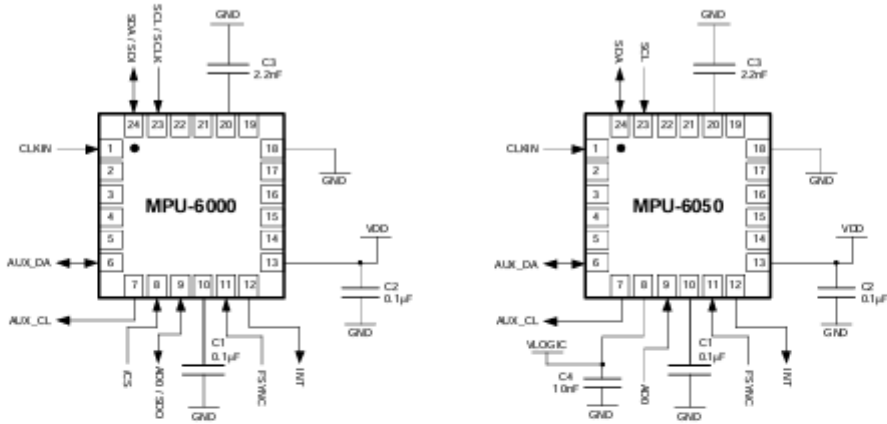
QFN Package
24-pin, 4mm x 4mm x 0.9mm



Orientation of Axes of Sensitivity and
Polarity of Rotation

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	--	---

7.2 Typical Operating Circuit



Typical Operating Circuits

7.3 Bill of Materials for External Components

Component	Label	Specification	Quantity
Regulator Filter Capacitor (Pin 10)	C1	Ceramic, X7R, 0.1µF ±10%, 2V	1
VDD Bypass Capacitor (Pin 13)	C2	Ceramic, X7R, 0.1µF ±10%, 4V	1
Charge Pump Capacitor (Pin 20)	C3	Ceramic, X7R, 2.2nF ±10%, 50V	1
VLOGIC Bypass Capacitor (Pin 8)	C4*	Ceramic, X7R, 10nF ±10%, 4V	1

* MPU-6050 Only.