REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Électronique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

Etude et réalisation d'un nœuds sink

à base d'un Raspberry Pi 3

Présenté par :

Mr. KADRI MOHAMED

Mr. BELLARBI ABDERRAHIM

Proposé et Dirigé par :

Mr. Chadli SAMIR

Promotion 2019

DÉDICACES

EN PREMIER EN REMERCIE DIEUX POUR TOUT.

À NOS PARENTS

QUE NOUS AIMONS TANT ET QUI NOUS ONT SOUTENU CE LONG CHEMIN D'ÉTUDE

NOUS LES REMERCIONS DE LEUR CONFIANCE ET DE LEUR AMOUR.

NOUS ESPÉRONS QUE LE FRUIT DE NOS EFFORTS LEURS APPORTERONT FIERTÉ.

À NOS FRÈRES

POUR LEURS ENCOURAGEMENTS CONTINUS ET POUR TOUTE NOS FAMILLES.

À LA PROMO DES SYSTÈMES EMBARQUES ST 2018/2019 UNIVERSITÉ MÉDÉA

NOUS VOUS SOUHAITONS UNE VIE PLEINE DE RÉUSSITE, SANTÉ ET DE BONHEUR.

À NOS ENSEIGNANTS DONT LA LISTE S'ALLONGE D'UNE ANNÉE À UN AUTRE

À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PARTICIPÉ À L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL À TOUS CEUX QUE NOUS AVONS OUBLIÉ DE CITER.

ABDERRAHIM

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une Immense joie,

Que nous dédions notre travail à nos très chers,

Respectueux et Magnifiques parents qui nous ont soutenu tout au long de notre vie ainsi à nos frères et nos sœurs.

A toutes personnes et amis qui nous ont encouragé ou aidé au long De nos études.

En souvenir des moments passés ensemble, nous dédions ce travail en témoignage de nos amitié sincère et durable.

Mohamed

Remerciement

Nous remercions le bon Dieu de nous avoir accordé toute la patience, le courage, la volonté et la motivation qui nous ont permis de mener à bien ce travail jusqu'à sa fin.

Nous tenons à présenter nos remerciements à notre promoteur Dr. Chadli Samir pour avoir accepté de diriger ce travail, pour l'aide, pour tous les conseils qu'il nous a apportés et l'encouragement constant qu'il n'a cessé de nous prodiguer tout au long de cette étude, qu'il trouve ici l'expression de toute notre gratitude.

Mes remerciements vont également à mes parents, mes oncles et tantes de tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour me permettre de suivre mes études dans les meilleures conditions possibles et n'avoir jamais cessez de m'encourager tout au long de mes années d'étude.

Je remercie les membres de jury :de m'avoir fait l'honneur d'accepter de participer à mon jury.

Je remercie ceux qui m'ont aidé à l'aboutissement de ce travail ; mon formidable promotion 2019 du département du génie Électrique et d'informatique de l'Université Dr. Yahia farés de Médéa.

Abderrahim et Mohamed

ملخص :

في هذا العمل قمنا بإنجاز عقدة استشعار مركزية لاسلكية لشبكة حساسات لا سلكية اعتمادا على نانو كمبيوتر من نوع Raspberry Pi 3 و وحدة تواصل لا لكية من نوع nRF24L01+. اختبار عمل هذه العقدة تم عن طريق انجاز شبكة حساسات لا سلكية لتطبيق يدخل ضمن ميدان الزراعة الذكية لجمع المعطيات البيئية لبيت بلاستيكي اعتمادا على عقدة الاستشعار المنجزة .

الكلمات المفتاحية: شبكات الاستشعار اللاسلكية ،عقدة استشعار مركزية لاسلكية ،الزراعة الذكية

Résumé :

Dans ce mémoire, nous avons réalisé un prototype de nœud de base pour un réseau de capteurs sans fil (RCSF) à base d'un nano ordinateur de type Raspberry Pi 3 et d'un module radio de type nRF24L01+. Le test du nœud réalisé a été achevé par la mise au point d'une application dans le domaine de l'agriculture intelligente à travers l'implémentation d'un réseau de capteurs sans fil à base du nœud de base réalisé pour la collecte des paramètres environnementales d'une serre.

Mots clés : (RCSF), Nœud de base, Agriculture intelligente.

.

Abstract:

In this work, we realized a prototype of a sink node for a wireless sensor network (WSN) based on a Raspberry Pi 3 Nano computer and an nRF24L01+ radio module. The realized node test was completed by the development of an application in the field of smart agriculture through the implementation of wireless sensor network for the collection of a greenhouse parameters based on the sink node realized in this work.

Keywords: Wireless Sensor Networks (RCSF), sink Node, Smart Agriculture.

Sommaire

Listes des figures

Listes des tableaux

Notation et acronymes

Introduction générale 1

Chapitre I : généralité sur les réseaux des capteurs sans fil

1.Introduction…….……...……...……4

2.Définition d'un capteur..…….…...4

3. Les type des capteurs ……...5

3.1. Les capteurs actives……..5

3.2. Les capteurs passifs …….……5

3.3. Les micro-capteurs…….....……...……...5

4. Définition d'un réseau de capteur…….……6

4.1. Caractéristiques des réseaux de capteurs ……...……..6

4.2. Fonctionnement d'un RCSF…….7

4.3. Architecture d'un réseau de capteur ……7

4.4. Domaines d'application des RCSF ……..8

5. Les Nœuds de capteurs……10

5.1. Les composent d'un nœud capteur ……..... ……10

5.2. Les différents types de nœud de capteur…….……....11

6.conclusion ……...12

Chapitre II : conception du nœud sink

1. Introduction……14

2. La carte Raspberry pi 3...……14

2.1. Historique……16

2.2. Les concourants de Raspberry pi 3……17

2.3. Le choix de nano ordinateur pour le nœud sink……18

3.Le module de communication radio nRF24L01+……19

3.1. Les canaux de transmission possible……19

3.2. Brochage de module nRF24L01+……20

3.3. Les caractéristiques générales de nRF24L01+……20

3.4. Protocole Enhanced ShockBurst……21

3.5. Mode de fonctionnement……21

3.4. Câblage de module nRF24L01+ sur la carte Raspberry pi 3……22

4. Préparation du Raspberry pi ……24

4.1. Installation de système d'exploitation <<NOOBS>>……24

4.2. Connexion de Raspberry pi par ssh……25

5. Les nœuds End Device……27

5.1. La carte Arduino nano……28

5.2. Câblage de module nRF24L01+ sur la carte Arduino ……29

5.3. Carte d'extension Arduino nano utilisé……30

5.4. Logiciel de développement……31

6. conclusion……33

Chapitre III : Mise en marche et tests

1. Introduction……35
2. Agriculture intelligent……35
3. Description de l'application……36
4. Les nœuds de capteurs……37
4.1. Nœud de capteur 1……38
4.1.1 Capteur température / d'humidité DHT11……...38
4.1.2. Capteur d'humidité de sol YL-69……...39
4.2. Nœud de capteur 2 et 4……..41
4.2.1. Capteur de lumière LDR……41
4.2.2. Le capteur de température LM-35…….....42
4.3. Nœud de capteur 3……44
4.3.1. Détecteur de pluie FC-37……44
5. Node-Red……46
5.1. Editeur de Node-Red……47
5.2. Les nœuds d'entrés……...48
5.3. Les nœuds des traitements……48
5.4. Les nœuds des sorties……...48
5.5. La palette de Dashboard……...48
6. Réception et visualisation des données……51
6.1. Les trames des donnes au format JSON……52
6.2. Visualisation des mesures sur un graphe……...……...53
7. Conclusion ……..54
Conclusion général……..55

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : différant modèle des capteurs……....4

Figure I.2 : Schéma de fonctionnement d'un RCSF……....7

Figure I.3 : Architecture de communication dans les RCSF……....8

Figure I.4 : Montre quelques domaines d'applications de RSCF…….....9

Figure I.5 : schéma bloc d'un réseau de capteur……...……11

Figure II.1 : La carte Raspberry pi 3……...……..14

Figure II.2 : Le brochage du connecteur GPIO d'un Raspberry pi 3……...15

Figure II.3 : Le module Radio nRF24L01+..…….19

Figure II.4 : les canaux de transmission possible……..19

Figure II.5 : Le brochage du module nRF24L01+……20

Figure II.6 : Structure de la trame du nRF24L01+..……..21

Figure II.7 : Schéma synoptique du Réseau Multiciever nRF24L01+……..22

Figure II.8 : Le câblage du module nRF24L01+ avec la carte Raspberry Pi 3…….22

Figure II.9 : La photo de la carte Hat d'extension réalisée……..23

Figure II.10 : Le menu principal de l'outil raspi-config…….24

Figure II.11 : L'outil de connexion à distance……25

Figure II.12 : fenêtre de connexion……26

Figure II.13 : Le Bureau Raspberry……26

Figure II.14 : Activation de SPI…….27

Figure II.15 : La carte Arduino nano et son brochage……...28

Figure II.16 : Câblage du nRF24L01+ avec la carte Arduino nano…….…….29

Figure II.17 : Carte d'extension pour Arduino nano……..30

Figure II.18 : La fenêtre principale de L'IDE Arduino……...31

Figure II.19 : Les boutons de la barre des boutons…….32

Figure III.1 : Smart Agriculture……36

Figure III.2 : Schéma synoptique du dispositif à réaliser…….37

Figure III.3 : Schéma détaille de l'application réalisé……..38

Figure III.4 : capteur DHT11 et son schéma de brochage……39

Figure III.5 : les pins de DHT11……...39

Figure III.6 : Le capteur d'humidité de sol YL-69……...40

Figure III.7 : Le circuit de traitement du capteur YL-69…….....40

Figure III.8 : L'organigramme du nœud de capteur 1…….……41

Figure III.9 : La photo résistance(LDR) et son circuit de mesure……42

Figure III.10 : Le capteur LM-35 et son brochage……43

Figure III.11 : L'organigramme simplifie du programme des nœuds 2 et 4…….44

Figure III.12 : Détecteur de pluie FC-37……...45

Figure III.13 : Organigramme du code a ajouter pour le programme du nœuds 3……...46

Figure III.14 : Installation de la bibliothèque des capteurs…….……..47

Figure III.15 : Installation de la bibliothèque nRF24L01+...……47

Figure III.16 : Les différant partie d'éditeur Node-Red……...….47

Figure III.17 : Le nœud de traitement……...48

Figure III.18 : Exemple d'un nœud de sortie……48

Figure III.19 : La palette Dashboard……49

Figure III.20 : Ajoute des nouvelles palettes de nœud……...……...49

Figure III.21 : Les nœuds de la palette nRF24L01+...……..50

Figure III.22 : configuration de la brique nRF24L01+……50

Figure III.23 : Le flux de supervision des data des capteurs et détecteurs ……51

Figure III.24 : Le panneau de modification du graphique……..53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Caractéristiques générales des model du Raspberry Pi……..……..17

Tableau II.2 : Comparaison entre Raspberry Pi et ses concurrents……18

Tableau II.3 : tableau de connexion entre la carte Raspberry PI 3 et le nRF24L01+……23

Tableau II.4: Les caractéristiques générales de la carte Arduino nano……...29

Tableau II.5 : câblage des nRF24L01+ sur Arduino Nano…….30

Liste des ACRONYMES

API : interface de programmation d'application.

ARM: Advanced Risc Machines.

BBC: British broadcasting corporation.

BLE: Bloomsbury Learning Environment.

CPU: Central Processing Unit.

CSI: Camera Serial Interface.

DSI: Display Serial Interface.

GB: Gigabytes.

GFSK: Gaussian frequency shift keying.

GND: Ground (voltage level).

GPIO: General Purpose Input/output.

GFSK: Gaussian frequency shift keying.

HDMI : High Definition Multi-Media Interface .

IBM: International Business Machines Corporation.

IDE: Integrated Development Environment.

ISM: Industrial, Scientific and Medical

IOT: Internet of Things.

LCD: Liquid Crystal Display.

LXDE: Lightweight X11 Desktop Environment.

Mini-PC: mini personal computer .

MISO: multi-input single-output.

MOSI: multi-output single-input.

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport.

NOOBS: New Out of Box Software.

PIC: Programmable Integrated Circuit.

RAM: Random Access Memory.

RCSF : Réseaux de Capteurs Sans Fils.

RF: Radio Fréquence.

RISC: Reduced Instruction Set Computer.

SPI : Interface Série Périphérique.

TV : Télévision.

USB: Universal Serial Bus.

Vcc: Voltage Collector-to-Collector

Wi-Fi: Wireless Fidelity.

WSN: Wireless Sensor Networks

Introduction Générale

Introduction générale

Le développement technologique au cours de ces dernières années à révolutionner un certain nombre de domaine, notamment celui de l'électronique et des réseaux informatiques et plus spécialement les réseaux sans fil. Les performances ne cessent d'augmenter et les prix chutent de plus en plus. Cette avancé les a rendus abordable par le grand public. Le marché de l'équipement sans fil est actuellement en plein essor. Cette révolution des réseaux informatique devrait se poursuivre aux vues des couts et des investissements dans le câblage de plus en plus élevé. A part les réseaux informatiques, le sans-fil à toucher d'autres domaines comme celui de la téléphonie et de l'instrumentation à travers les réseaux de capteurs sans fil.

Un réseau de capteurs sans fil est un ensemble de capteurs autonomes à faible coût, interconnectés par un réseau de communications sans fil, capables d'effectuer des mesures sur l'environnement pour construire une vue globale de la région contrôlée. Son but est la collecte d'un ensemble de grandeurs environnementales, physiques ou physiologiques entourant ces capteurs, telles que la température, l'humidité, la pression, etc.., afin de les acheminer vers un centre de contrôle et de traitement.

Ce travail de fin d'études, a pour objectif l'étude et la mise au point d'un nœud de base (sink) à base d'un nano ordinateur (le Raspberry Pi 3) et d'un module radio très populaire le nRF24L01+ fonctionnant dans la bande de fréquence 2.4 GHz, qui possède une interface de communication SPI et autorise un débit de communication qui peut atteindre 2 Mbits par seconde. Ce nœud associé à des nœuds End Device à base d'Arduino nano constitue une plate-forme de réseau de capteurs sans fil qui peut servir au développent de plusieurs applications dans le domaine de la mesure.

Le test du fonctionnement du nœud de base réalisé, a été élaboré par le développement d'une application destinée pour le domaine de l'agriculture intelligente (smart agriculture). Cette application à déployée dans les serres vise à collecter les données nécessaires pour augmenter la quantité et la qualité des produits agricoles, destinés à la consommation alimentaire des populations. Permettant ainsi d'apporter de nouveaux outils de travail à l'agriculture sous serre qui connait depuis plusieurs années, un développement important dans beaucoup de pays concernés par la volonté d'atteindre une abondance dans la production agricole.

Notre mémoire est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre présente un ensemble de notions fondamentales liées aux RCSFet leurs domaines d'applications.
- Le deuxième chapitre décrit la conception du nœud de base, nous présenterons les solutions matériels et logiciels utilisés dans notre projet.
- Le troisième chapitre présente le développement de l'application de la culture intelligente et sa mise en marche ainsi que les capteurs retenus pour cette application.

Enfin, une conclusion pour résumé les travaux réalisés et une proposition de quelques perspectives envisageables dans un futur proche ou plus lointain pour améliorer l'application.

Chapitre I

Généralité sur les réseaux de capteurs sans fil

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons introduire une présentation des RCSF, leurs caractéristiques et l'architecture de communication utilisée dans ce type de réseaux. Ainsi que les domaines d'applications de RCSFs.

2. Définition d'un capteur

Le capteur est un dispositif qui permet de traduire des variables non-électriques en variables électriques. Selon leur mode de fonctionnement, il est capable de transformer une grandeur physique observée (température, position, humidité, etc.) en une grandeur électrique utilisable (courant, tension, fréquence, …) [1]. Pour cela, il possède au moins un transducteur dont le rôle est de convertir la grandeur physique en une autre grandeur électrique. On distingue deux grandes familles, les capteurs actifs et les capteurs passifs.



Figure I.1 : *Différents modèle des capteurs.*

3. Les types de capteurs

3.1. Les capteurs actifs

Le capteur actif fonctionne comme un générateur, dès qu'il est soumis à l'action d'un mesurande (la grandeur à mesurée) celui-ci le transforme en une grandeur électrique directement exploitable à savoir en énergie électrique. L'avantage des capteurs actifs est donc qu'ils ne nécessitent pas d'être alimentés depuis une source extérieure.[2]

3.2. Les capteurs passifs

Les capteurs passifs sont des capteurs qui ne contiennent que des éléments passifs, il s'agit le plus souvent d'impédances (résistance, inductance, capacité) dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. Le plus souvent les signaux sortent sous forme de tension analogique [2]. La variation d'impédance résulte de la variation des dimensions du capteur (capteurs de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile) ou d'une déformation résultant d'une force ou d'une grandeur s'y ramenant (pression accélération).

Les capteurs passifs doivent être toujours alimentés par une source d'énergie électrique extérieure.

3.3. Les micro-capteurs

Les progrès conjoints de la microélectronique ont permis de produire à coût raisonnable des micro-capteurs de quelques millimètres cubes de volume, susceptibles de fonctionner en réseaux. Ils intègrent :

- Une unité de captage chargée de capter des grandeurs physiques (chaleur, humidité, vibrations, rayonnement...) et de les transformer en grandeurs numériques,
- Une unité de traitement des données,
- Une interface de communication avec d'autres systèmes électroniques.

Par conséquent, ces micro-capteurs sont devenus de véritables systèmes embarqués destinés pour la mesure et l'instrumentation.

4. Définition d'un réseau de capteurs

Un RCSF est un ensemble de nœuds (allant de quelques dizaines d'éléments à plusieurs milliers) communiquant sans fil et capable de récolter des données environnementales et de les transmettre à un système de traitement et gestion [3].

4.1. Caractéristiques des réseaux de capteurs

Un réseau de capteurs présente des caractéristiques particulières comparativement aux autres réseaux sans fil. Dans cette section, nous présentons les principales caractéristiques de ces réseaux:

- **Réseaux sans infrastructure :** les RCSF appartiennent à la famille des réseaux sans fil sans infrastructure. Les capteurs sont généralement déployés aléatoirement dans des zones hostiles ce que nécessite qu'ils doivent s'auto-configurer et s'auto-organiser sans intervention humaine.
- **Scalabilité (Passage à l'échelle) :** dans les RCSF, les capteurs sont déployés généralement en grand nombre pour garantir la couverture totale de la zone d'intérêt et faire face aux pannes puisque les capteurs peuvent cesser de fonctionner pour différentes causes. Nous pouvons avoir dans certains cas des RCSF de haute densité dont la taille dépasse mille capteurs voire un million de capteurs.
- **Interférences :** la notion d'interférences apparaît dans la plupart des réseaux sans fil en particulier dans les RCSF où deux capteurs voisins peuvent transmettre dans la même bande de fréquences, ce qui peut causer des interférences.
- **Topologie dynamique :** les capteurs sans fil peuvent être placés sur des objets mobiles par exemple sur des animaux pour les surveiller à distance sans perturber leur comportement. Ce type de scénario génère une topologie dite dynamique qui n'est pas statique [4].
- **Contrainte d'énergie, de stockage et de calcul :** la caractéristique la plus critique dans les RCSF est la limite des ressources énergétiques, car la plupart des capteurs sont dotés de batteries à énergie limitée.

4.2. Fonctionnement d'un RCSF

Les données captées par les nœuds sont acheminées grâce à un routage multi-saut vers un nœud reconnu comme un "point de collecte", nommé nœud-puits ou sink. Ce dernier peut être connecté à l'utilisateur du réseau (via Internet, un satellite ou un autre dispositif).

L'usager peut adresser des requêtes aux autres nœuds du réseau, précisant le type de données requises et récolter les données environnementales captées par le biais du nœud puits (ou nœud de base).

La figure (I.2**)** suivante montre l'aspect général d'un RCSF :

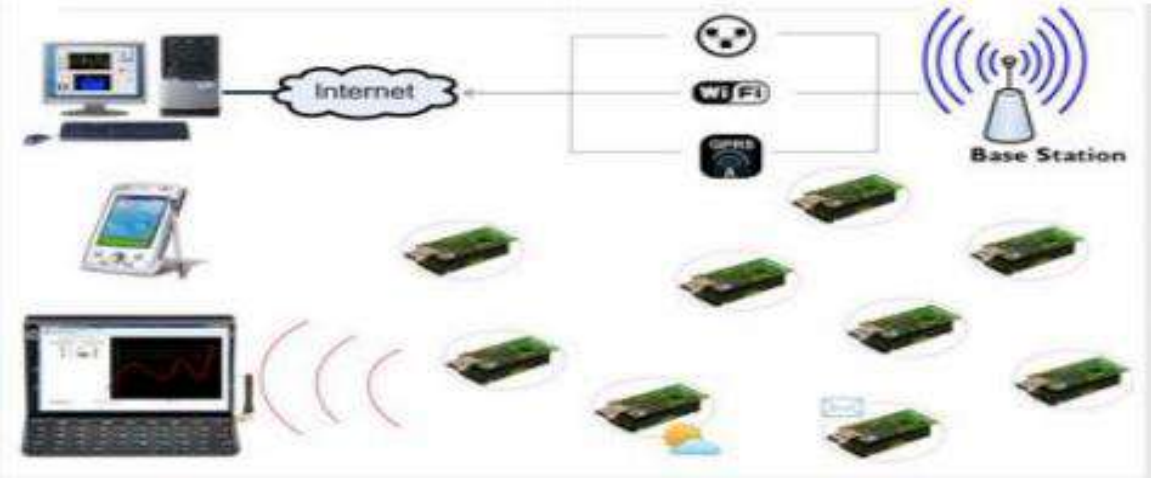


Figure I.2 : *Schéma de fonctionnement d'un RCSF [5].*

4.3. Architecture d'un réseau de capteurs

Le processus d'acheminement de l'information des capteurs à la station de base peut prendre quatre formes. Dans les architectures en étoile , les capteurs peuvent communiquer directement avec la station de base en utilisant une forte puissance (figure I.3 (a)), ou via un mode multi-sauts avec des puissances très faibles (figure I.3 (b)), alors que dans les architectures hiérarchisées, le nœud représentant le cluster, appelé cluster-Head, transmet directement les données à la station de base (figure I.3 (c)), ou via un mode multi-saut entre les cluster-Head (figure I.3 (d)) [6].

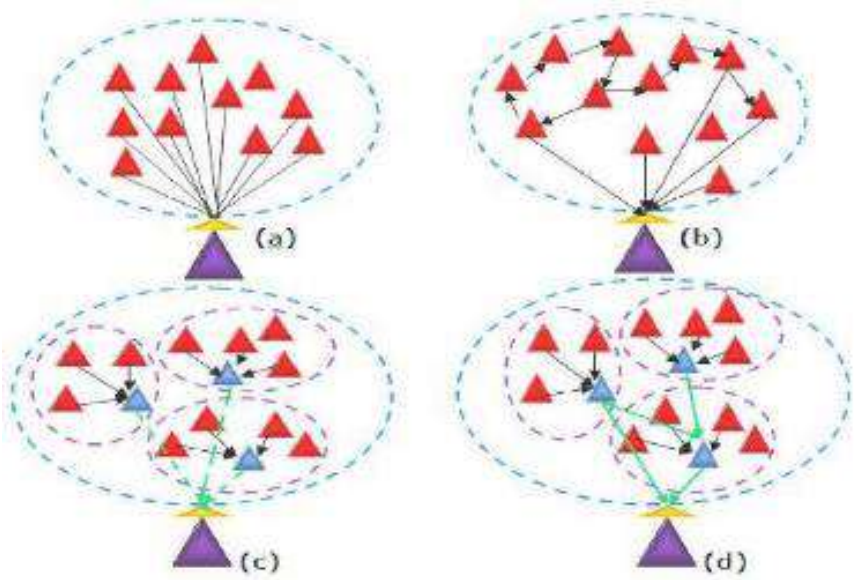


Figure I.3 : *Architecture de communication dans les RCSF.*

4.4. Domaines d'application des RCSF (du traditionnel vers le moderne)

La miniaturisation des capteurs, le coût de plus en plus faible, la large gamme des types de capteurs disponibles ainsi que le support de communication sans fil utilisé, permettent aux réseaux de capteurs de se développer dans plusieurs domaines d'applications.

- **Le domaine du bâtiment :** L'évolution de la structure d'un ouvrage d'art, la gestion de la température et de la lumière dans un immeuble, la domotique, les interrupteurs autonomes non câblés, …etc. constituent quelques exemples d'applications dans le domaine du bâtiment.

• **Le domaine des transports :** La gestion du trafic, la surveillance de la déformation de structure, les capteurs de pression des pneus, etc. sont des exemples d'applications de capteurs dans le domaine du transport.

• **Le domaine médical :** Le domaine médical peut lui aussi intégrer des applications pertinentes. Comme par exemple : l'aide à la médication et le suivi des patients à distance (rythme cardiaque, pression du sang, etc.), l'identification des allergies et des médicaments administrés aux patients, la localisation des docteurs et des patients dans l'hôpital, etc.

• **Le domaine militaire :** ce dernier ne sera pas épargné non plus. Il pourra utiliser les RCSF par exemple dans la détection et la collecte d'informations sur la position de l'ennemi et ses mouvements, la détection d'agents chimiques ou bactériologiques.

• **Le domaine de l'Agriculture :** les réseaux de capteurs peuvent être utilisés pour surveiller le niveau de production, le niveau de pesticides dans l'eau potable, le niveau de l'érosion des sols, et le niveau de la pollution de l'air en temps réel. Ce qui permet aux champs agricoles de réagir convenablement aux changements climatiques [7].

• **Le domaine environnemental :** des capteurs de température peuvent être disperses à partir d'avions dans des zones de grande importances (comme les forêts denses et zones protégés) pour détecter d'éventuels problèmes environnementaux (incendie, inondation, éruption volcanique, tsunami, etc.) [8].

La figure (I.4) montre quelques exemples des domaines d'applications des RCSF :



Figure I.4 : *Exemples des domaines d'applications des RCSF*

5. Les Nœuds de capteurs

Un nœud capteur est un dispositif électronique doté d'une autonomie et ayant des capacités de stockage, de calcul et d'énergie limitées. Ce dispositif est aussi capable de collecter des informations et de les communiquer à un centre de contrôle via un Sink. Les principaux avantages des nœuds capteurs sont : leur taille réduite, leur très faible consommation électrique et surtout leur capacité à communiquer sans fil (ce qui permet une grande liberté de mouvement par rapport aux nœuds filaires) [9].

5.1. Composants d'un nœud capteur

Un nœud capteur est composé généralement de quatre unités de base :

- **L'unité de calcul :** elle est généralement à base d'un microcontrôleur elle permet de contrôler les procédures de traitement des données et de collaboration entre les nœuds capteurs.
- **L'unité de communication :** appelée aussi module radio, elle comprend un émetteur/récepteur permettant la communication entre les différents nœuds du réseau via un support de communication radio de faible portée. Les radios fonctionnent en plusieurs modes : transmission (Tx), réception (Rx), et mode veille pour la conservation d'énergie [10].
- **L'unité d'énergie :** disposée souvent sous forme de batteries pouvant alimenter les unités citées ci-dessus et sont souvent non rechargeables et non remplaçables. C'est l'unité critique dont dépend la durée de vie du nœud capteur et par conséquent celle du réseau tout entier.
- **L'unité de détection :** appelée aussi unité de capture. Cette unité est constituée à base d'éléments de captage et se compose de deux sous-unités :
  - Sous-unité « Capteurs » constituée d'un ou de plusieurs capteurs.
  - Sous-unité « Analogue To Digital Converter : ADC » responsable de la conversion du signal analogique en signal numérique.

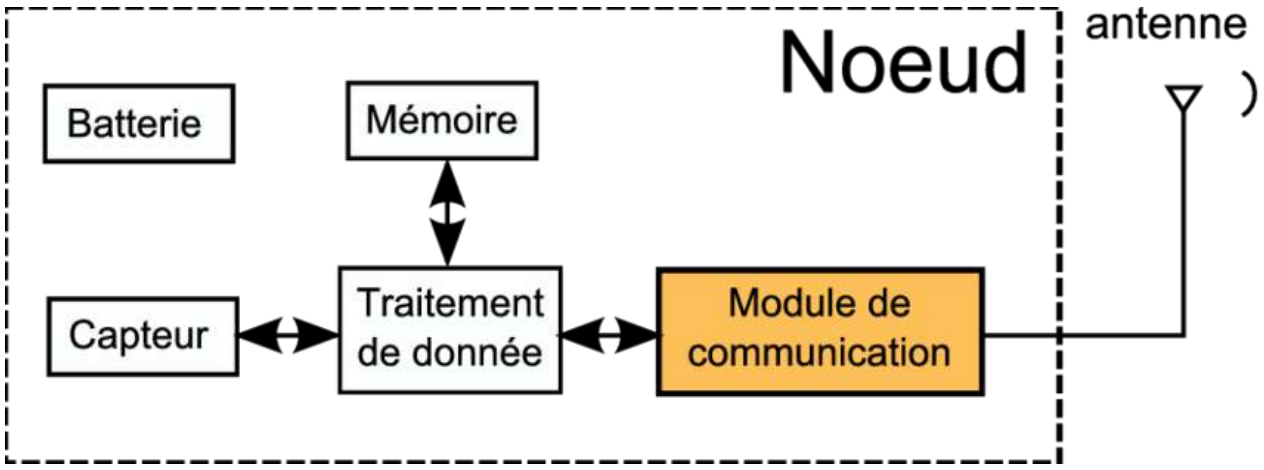


Figure I.5 : *schéma bloc d'un réseau de capteur.*

5.2. Différents types de nœud

Il existe différents types de nœuds dans un RCSF [11].

- **Nœud régulier :** c'est un nœud doté d'une unité de transmission et d'une unité de traitement de données. L'unité de transmission des données est responsable de toutes les émissions et réceptions de données via un support de communication sans fil.
- **Nœud capteurs** ou nœud source : c'est un nœud régulier équipé d'une unité d'acquisition ou de détection. L'unité d'acquisition est généralement dotée d'un ou de plusieurs capteurs qui obtiennent des mesures analogiques (physiques et physiologiques) et d'un convertisseur Analogique/Numérique qui convertit l'information relevée en un signal numérique compréhensible par l'unité de traitement afin de les transmettre.
- **Nœud actionneur :** c'est un nœud régulier doté d'une unité lui permettant d'exécuter certaines tâches spécifiques comme des tâches mécaniques.
- **Nœud puits (Sink) :** c'est un nœud régulier doté d'un convertisseur série connecté à une seconde unité de communication, la seconde unité de communication fournit une retransmission transparente des données provenant de nœuds capteurs à un utilisateur final ou d'autres réseaux comme internet.
- **Nœud passerelle :** c'est un nœud régulier permettant de relayer le trafic dans le réseau sur le même canal de communication.

6. Conclusion

Les RCSFprésentent un intérêt considérable et une nouvelle étape dans l'évolution des technologies de la mesure, de l'information et de la communication. Nous avons présenté dans ce chapitre, les types des capteurs, les RCSF, leurs domaines d'application et leurs l'architecture.

Chapitre II

La conception du nœud sink

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter la carte électronique que nous utiliserons dans l'élaboration de nœud sink et l'architecture matérielle que nous avons retenue et qui s'articule essentiellement autour du Raspberry Pi 3. Finalement, nous décrirons la méthode que nous avons adoptée pour faire communiquer le Raspberry Pi avec le module radio dans le but de réaliser un ensemble cohérent capable de gérer toutes les opérations nécessaires à la connexion.

2. La carte Raspberry Pi

Le Raspberry Pi 3 (figure II.1) est un nano-ordinateur sous forme d'une carte électronique de faibles dimensions. Ce dernier est considéré comme le cerveau de notre système parce qu'il va gérer les informations issues des nœuds de capteurs. Il a une taille de 8.6 x 4.5 cm et pèse environ 45 grammes, ce qui en fait l'un des ordinateurs les plus légers sur le marché.

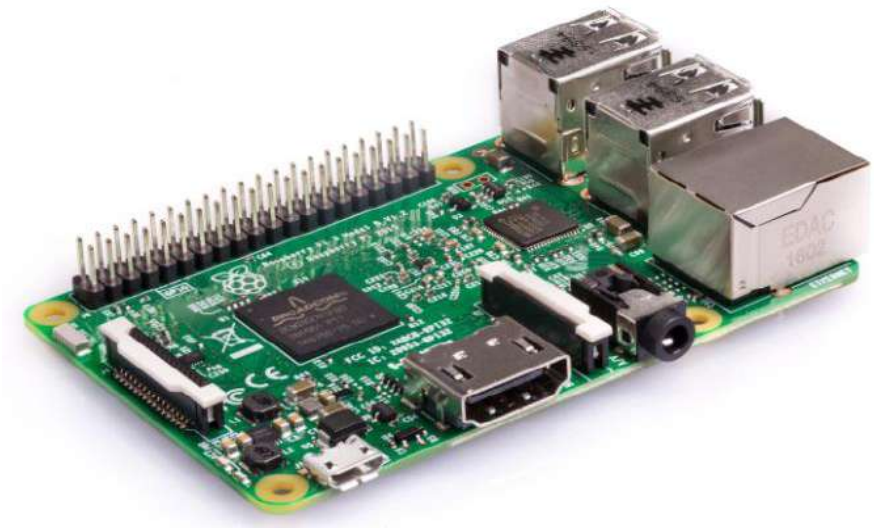


Figure II.1 : *La carte Raspberry Pi 3.*

La carte Raspberry Pi 3 qu'on a utilisé, se compose d'une "carte mère miniature" sur laquelle on retrouve un processeur ARM intégré et cadencé à 1200 MHz. Il embarque également un contrôleur graphique Broadcom permettant d'utiliser les sorties vidéo présentes et l'affichage sur un moniteur ou un TV par exemple, avec mémoire RAM de 1 GOctet.

Ce modèle de nano ordinateur est équipé des entrées/sorties suivantes [12] :

- Alimentation DC : + 5 V avec un courant max de 2,5A ;
- Un processeur Broadcom BCM2837B0 ARM Cortex-A53 64 bits à quatre cœurs cadencés à 1,2 GHz ;
- Une mémoire RAM de 1 GO ;
- Compatible Wifi 802.11 b/g/n/ac double bande 2,4 GHz et 5 GHz et Bluetooth 4.2 (Bluetooth Classique et BLE) ;
- 4 ports USB 2.0 ;
- Un port Ethernet RJ45 (10/100) Mbps ;
- Une sortie vidéo HDMI.
- Une sortie audio Jack 3,5 mm en stéréo ;
- Un Support pour cartes micro-SD ;
- Un connecteur GPIO avec 40 broches d'E/S.

Afin de bien visualiser ce qu'il est possible d'adjoindre à la carte Raspberry Pi 3, la (figure II.2) suivante représente tous les pins du Raspberry et leurs fonctions :

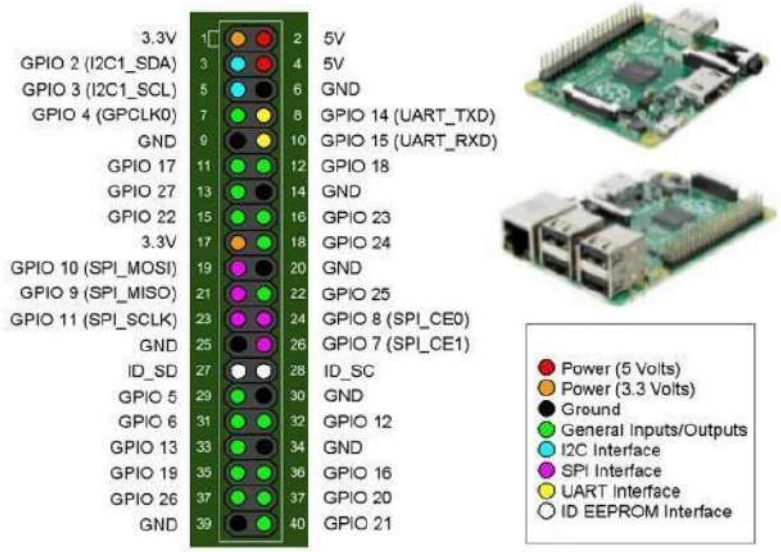


Figure II.2 : *Le brochage du connecteur GPIO d'un Raspberry pi 3*

2.1 Historique

L'idée de la production du Raspberry Pi a été évoquée en 2006 par un groupe d'universitaires et d'ingénieurs de l'Université d'Ottawa suite à la prise de conscience de l'absence des connaissances sur le fonctionnement de l'ordinateur chez la jeune génération. Par la suite, des universitaires de Cambridge ont donc décidés de mettre au point un très petit ordinateur que tout le monde peut se permettre d'acheter, pour créer un environnement d'apprentissage de la programmation.

Le projet Raspberry Pi est devenu prometteur avec l'apparition de processeurs puissants et de bon marché avec de nombreuses fonctionnalités avancées permettant un développement possible de ce type de systèmes embarqués qui s'est poursuivi sous la fondation Raspberry Pi spécialement créée à cet effet avec le premier produit lancé en 2012.

En 2014, une version améliorée des deux modèles précédents a été lancée, sous les noms B+ et A+. Bien que les deux nouveaux modèles aient le même processeur, GPU et RAM que leurs versions précédentes, plusieurs mises à jour et de nouvelles fonctionnalités ont été ajoutées.

Le développement de mini-ordinateur Raspberry Pi est un processus continu. Jusqu'au printemps 2015, la fondation Raspberry Pi a publié cinq modèles en deux générations de nano ordinateurs. La première génération se compose de quatre modèles, D'abord est le modèle B suivi respectivement du modèle A, du modèle B+ et du modèle A+. Ces deux derniers modèles sont des versions mises à jour de leurs versions précédentes pour rendre l'ordinateur plus efficace et plus pratique pour les utilisateurs, en particulier en ayant une consommation d'énergie plus faible et plus de ports USB.

La deuxième génération se compose d'un seul modèle appelé Raspberry Pi 2 modèle B dont la spécification est basée sur Raspberry Pi modèle B+ mais avec un CPU plus rapide et plus de mémoire [13].

Au début de l'année 2017, une nouvelle génération d'ordinateur Raspberry Pi appelée Raspberry Pi Zéro et Zéro W a été lancée. Le modèle présente une amélioration significative des capacités de Raspberry Pi et a été accueilli avec enthousiasme par la communauté.

Et chaque nouveau modèle de Raspberry Pi s'améliore et s'enrichie, ce qui nous donne un grand nombre de choix, pour les applications.

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques techniques des modèles de Raspberry pi :

Tableau II.1 : Caractéristiques générales des model du Raspberry Pi

Specification	**Raspberry Pi 3 Model B**	**Raspberry Pi 2 Model B**	**Raspberry Pi Model B+**	**Raspberry Pi Model A+**	**Raspberry Pi Zéro**	**Raspberry Pi Zéro W**
Date	Février 2016	Février 2015	Juillet 2014	Novembre 2014	Novembre 2015	Février 2017
Chipset	Broadcom BCM2837 64-bit quad-core	Broadcom BCM2837 64-bit quad core	Broadcom BCM2835 32-bit single-core	Broadcom BCM2835 32-bit single-core	Broadcom BCM2835 32-bit single-core	Broadcom BCM2835 32-bit single-core
Fréquence processeur	1.2 GHz	900 MHz	700 MHz	700 MHz	1 GHz	1 GHz
RAM	1 GB	1 GB	512 MB	256 MB	512 MB	512 MB
Stockage	Micro-SD	Micro-SD	Micro-SD	Micro-SD	Micro-SD	Micro-SD
Output	4 USB ports	4 USB ports	4 USB ports	1 USB port	1 micro-USB port	1 micro-USB port
GPIO	40-pin	40-pin	40-pin	40-pin	40-pin	40-pin
Port Ethernet	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Wi-Fi	Yes	No	No	No	No	Yes
Bluetooth	Yes	No	No	No	No	Yes

2.2. Les concurrents du Raspberry Pi 3

Le succès du Raspberry Pi, à encourager un bon nombre de constructeurs et de concepteurs pour proposer des cartes alternatives aux différentes versions du nano-ordinateur. Ou chacun des produits alternatifs tente de se spécialiser dans un domaine d'usage donné, le tableau suivant représente quelques concurrents du Raspberry Pi.

Tableau II.2 : Comparaison entre Raspberry Pi et ses concurrents.

Modèle	Type CPU	Cours CPU	Horloge CPU	RAM (MB)	Type de RAM
Raspberry pi 3b+	ARM Cortex-A53	4	1400	1024	DDR2
Raspberry pi 3	ARM Cortex-A53	4	1200	1024	DDR2
Raspberry pi 2 b	ARM Cortex-A7	4	900	1024	DDR2
Raspberry pi b+	ARM 11	1	700	512	DDR2
Raspberry pi a+	ARM 11	1	700	512	DDR2
Asus tinker	ARM Cortex-A17	4	1800	2048	DDR3
Banana pi m2 bry	ARM Cortex-A7	4	1200	2048	DDR3
Banana pi	ARM Cortex-A7	2	1000	1024	DDR3
Banana pi m2+	ARM Cortex-A7	4	1000	1024	DDR3
Banana pi m2+edu	ARM Cortex-A7	4	1000	512	DDR3
Banana pi m2u	ARM Cortex-A7	4	1500	2048	DDR3
Banana pi m3	ARM Cortex-A7	8	2000	2048	DDR3
Banana pi m64	ARM Cortex-A53	4	1200	2048	DDR3
Beaglebone Black	ARM Cortex-A8	2	1000	512	DDR3

2.3. Choix du nano ordinateur pour le nœud sink

Dans notre projet, nous avons opté pour le modèle Raspberry Pi 3 qui a trois avantages principaux. Il intègre une panoplie d'interfaces de communications, il dispose d'une connexion Wi-Fi; et il embarque une paire de CPU/GPU très puissante.

Le Broadcom BCM2837 est un CPU 64-bit plus efficace et beaucoup plus puissant que celui du Raspberry Pi 2. La différence de puissance est beaucoup plus grande que le passage d'un processeur Quad-Core de 900 MHz à un Quad-Core de 1,2 GHz que l'on pourrait suggérer. La RAM et aussi importante, la petite taille celle du modèle A réduit notablement les performances et risque d'interdit même l'exécution de certains logiciels.

3. Le module de communication Radio NRF24L01+

Le module nRF24L01+ permet la transmission et la réception des données sur une certaine fréquence appelée canal. De plus, pour que deux ou plusieurs modules émetteur/récepteur puissent communiquer l'un avec l'autre, ils doivent se trouver sur le même canal. Ce canal pourrait avoir n'importe quelle fréquence dans la bande ISM à 2,4 GHz ou pour être plus précis, il pourrait se situer entre 2400 et 2525 MHz. Cette puce utilise un protocole de communication propriétaire appelé Enhanced ShockBurst. Nous pouvons ainsi l'incorporer comme une interface sans fil dans un grand nombre de projets.



Figure II.3: *Le module Radio nRF24L01+*

3.1. Les canaux de transmission possibles

Chaque canal occupe une largeur de bande inférieure à 1 MHz. Cela nous donne au total 125 canaux possibles avec un espacement de 1 MHz. Ainsi, le module peut utiliser 125 canaux différents, ce qui permet d'avoir un réseau de 125 modems fonctionnant de manière indépendante à un même endroit.

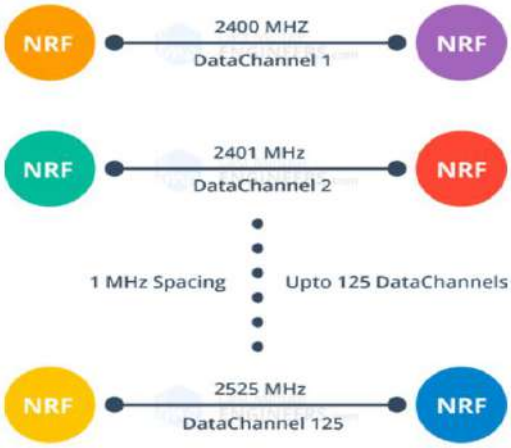


Figure II.4 : *les canaux de transmission possibles.*

3.2. Brochage du module nRF24L01+

La figure II-5 illustre le brochage du module radio :



Figure II.5 : *Le brochage du module nRF24L01+.*

Avec :

- GND : connexion à la masse ;
- VCC : a reliée avec une tension d'alimentation ;
- CE (Chip Enable) : passage du mode active en mode veille ;
- CSN (Chip Select Not) : basculement entre le mode d'émission et le mode de réception, cette broche doit être maintenue haute toujours, sinon elle désactivera la liaison SPI ;
- SCK (Serial Clock) horloge de transmission ;
- MOSI (Master Out Slave In) : envoie des données du maitre vers l'esclave ;
- MISO (Master In Slave Out) : envoie des données de l'esclave vers le maitre ;
- IRQ : est une broche d'interruption qui peut alerter le maître lorsque de nouvelles données sont disponibles pour les traitées.

3.3. Les caractéristiques générales du nRF24L01+

- Fréquence : 2.4 GHz ;
- Modulation: GFSK;
- Tension alimentation: 1.9 à 3.6 V;
- Interface SPI jusqu'a 10 Mb/s (tolerant 5 V);
- Debit de transmission: 250 kb/s, 1 Mb/s et 2 Mb/s;
- Très basse consommation ;
- Peut être utilisé avec des microcontrôleurs très basiques ;
- Faible cout;
- Portée : d'une dizaine de mètres avec une antenne PCB, jusqu'à plus d'un kilomètre avec une antenne externe.

3.4. Protocole Enhanced ShockBurst

Le module nRF24L01+ utilise une structure de paquets appelée Enhanced ShockBurst qui est représentée sur la figure II.6. Cette structure de paquet simple est décomposée en 5 champs différents illustrés ci-dessous :

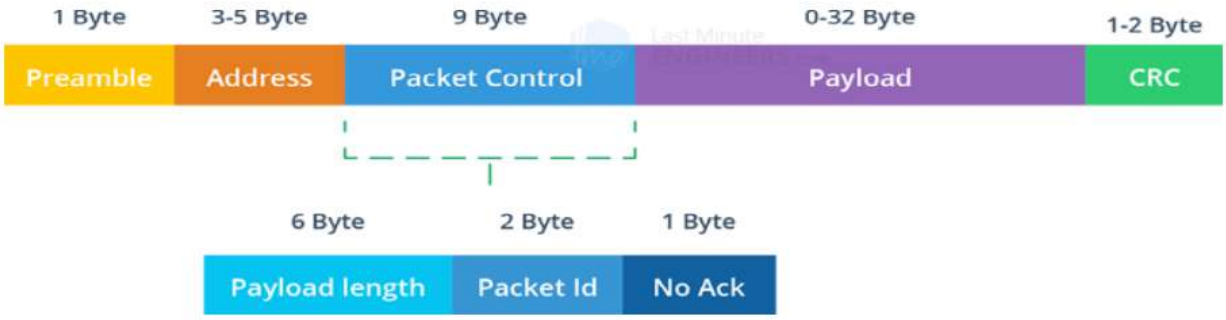


Figure II.6 : *Structure de la trame du nRF24L01+.*

Cette structure de trame est excellente pour plusieurs raisons. Premièrement, elle autorise les charges utiles de longueur variable avec un spécificateur de longueur de charge utile, ce qui signifie que les charges utiles peuvent varier de 1 à 32 octets.

Deuxièmement, elle attribue à chaque paquet envoyé un identifiant paquet, ce qui permet au périphérique récepteur de déterminer si un message est nouveau ou s'il a été retransmis (et peut être ignoré).

Enfin chaque message peut demander l'envoi d'un accusé de réception lorsqu'il est reçu par un autre appareil.

3.5. Mode de fonctionnement

Le nRF24L01+ fournit une fonctionnalité appelée Multiciever. C'est une abréviation pour Émetteur multiple Single Reciever. Chaque canal RF est divisé logiquement en 6 canaux de données parallèles appelés canaux de données (pipelines). En d'autres termes, un canal de données est un canal logique dans le canal RF physique, chaque canal de données à sa propre adresse physique (adresse du pipeline) qui peut être configurée. Ceci est illustré sur la figure II-7.

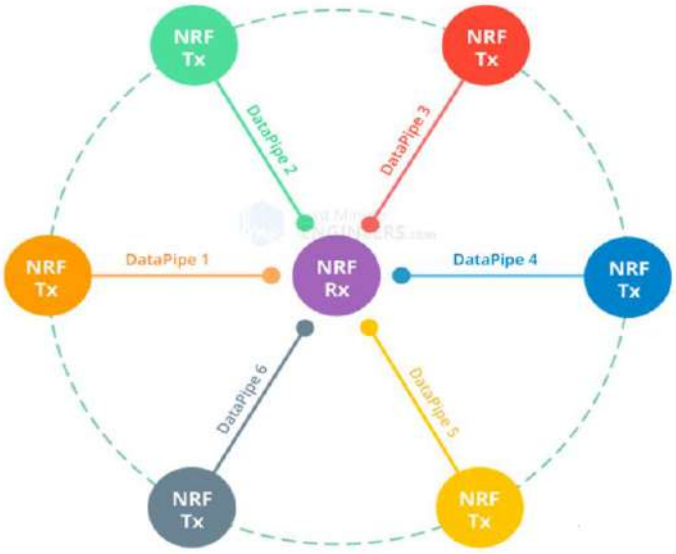


Figure II.7 : *Schéma synoptique du Réseau Multiciever nRF24L01+ [16].*

3.6. Câblage de module nRF24 avec la carte Raspberry pi 3

La figure (II.8) suivante montre le montage que nous avons réalisé pour relier le module nrf24l01 avec la carte Raspberry pi 3

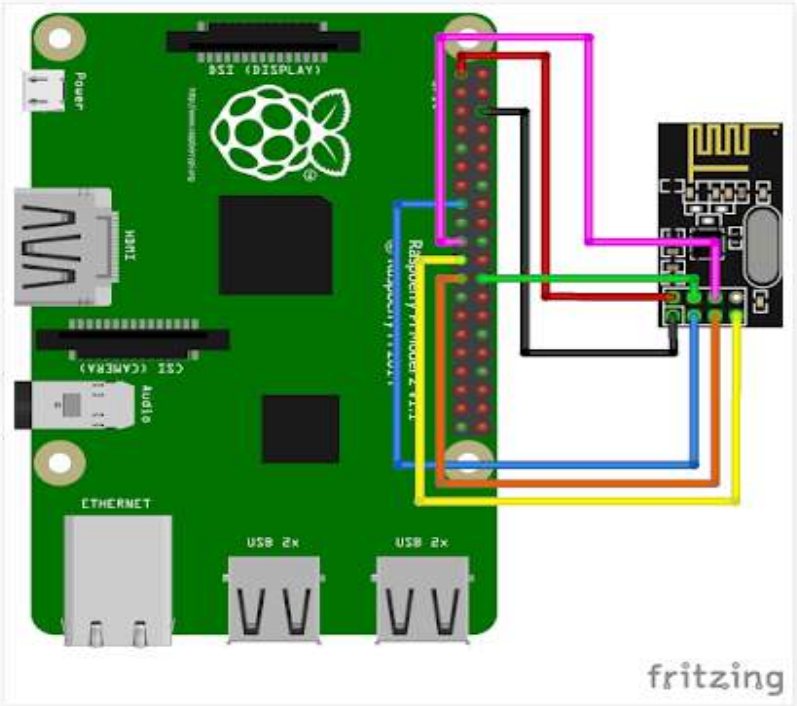


Figure II.8 : *Le câblage du module nRF24L01+ avec la carte Raspberry Pi 3*

Le tableau suivant résume les connexions à réalisées :

Tableau II.4 : tableau de connexion entre la carte Raspberry PI 3 et le nRF24L01+

nRF24L01+	Raspberry Pi
GND	Une des pins GND du Raspberry Pi (pin **6** : fil noir)
Vcc	Une des pins 3V3 du Raspberry Pi (pin **1** : fil rouge)
CE	GPIO22 du Raspberry Pi (pin **15** : fil bleu)
CSN	GPIO8 du Raspberry Pi (pin **24** : fil vert)
SCK	SCKL du Raspberry Pi (pin **23** : fil orange)
MOSI	MOSI du Raspberry Pi (pin **19** : fil rose)
MISO	MISO du Raspberry Pi (pin **21** : fil jaune)

Pour cela nous avons développé une carte Hat (l'équivalent d'une carte Shield d'Arduino) pour relier le nRF24L01+ avec notre Raspberry Pi 3 d'une manière plus pratique et plus sécurisée. La figure (II.9) suivante montre le la photo de la carte Hat d'extension réalisée pour être monté sur le connecteur GPIO à 40 broches de la carte Raspberry :

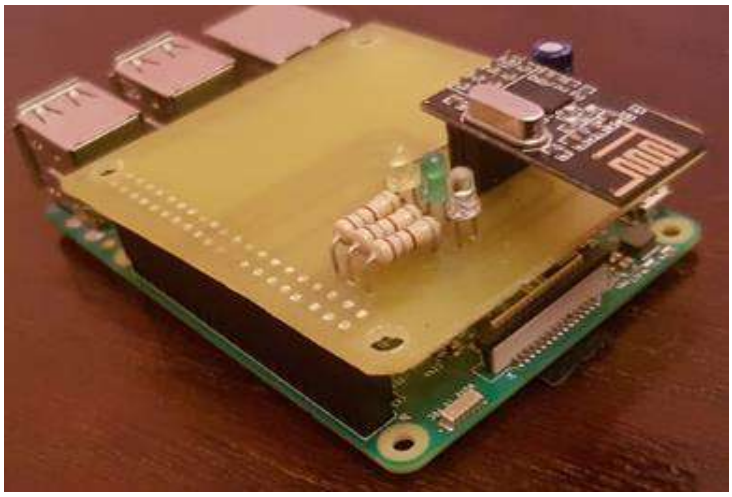


Figure II.9 : *La photo de la carte Hat d'extension réalisée*

4. Préparation du Raspberry Pi

4.1. Installation de système d'exploitation « NOOBS »

Le Raspberry Pi 3 est initialement sans système d'exploitation (OS). D'abord, nous avons téléchargé l'OS NOOBS à partir du site officiel : raspberrypi.org/downloads. Puis, nous l'avons installé sur la carte mémoire à l'aide de l'utilitaire : « Win32 Disk Imager ».

Après l'alimentation de la carte, et si l'installation du système d'exploitation a été effectuée correctement, nous passons à la mise à jour du système en exécutons les commandes suivantes dans une session de terminal :

```
sudo aptitude update -y
sudo aptitude upgrade -y
sudo reboot
```

Ensuite nous procède à une configuration de la carte Raspberry Pi, en tapant la commande **:**

```
sudo raspi-config
```

Cette dernière affiche la boite de dialogue de la figure II-10 :

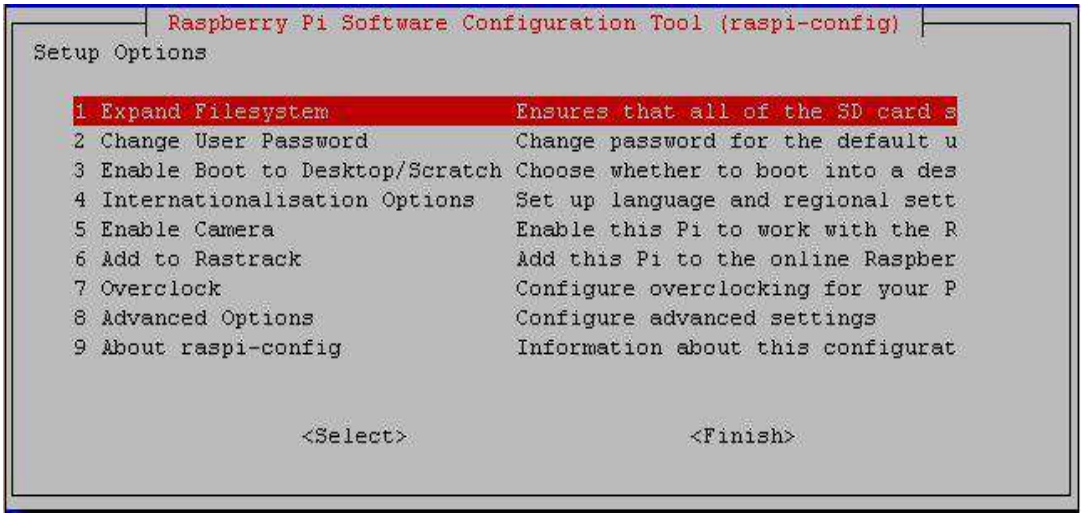


Figure II.10 : *Le menu principal de l'outil raspi-config.*

Pour pouvoir se connecter à distance à notre Raspberry pi, il faut le connecter à un réseau local et faire appel au protocole SSH à travers le menu de la figure II-13

Le serveur SSH est activé par défaut sur le Raspberry Pi. Sous Linux, le client étant intégré dans la plupart des distributions. Afin d'accéder à l'interface graphique, nous avons utilisé l'outil préinstallé sur le PC Windows « Connexion Bureau à distance ».

4.2. Connexion au Raspberry Pi par ssh

Avant de pouvoir se connecter au bureau du Raspberry il faut tape sur notre Raspberry (connecté à Internet) la commande suivante :

```
sudo apt-get install tightvncserver
sudo apt-get install xrdp
```

Une fois l'installation est terminée, on peut maintenant passer à la configuration du côté du PC pour se connecter au bureau du Raspberry. Maintenant, on ouvre l'outil « Connexion Bureau à distance » de Windows comme le montre l'image suivante :

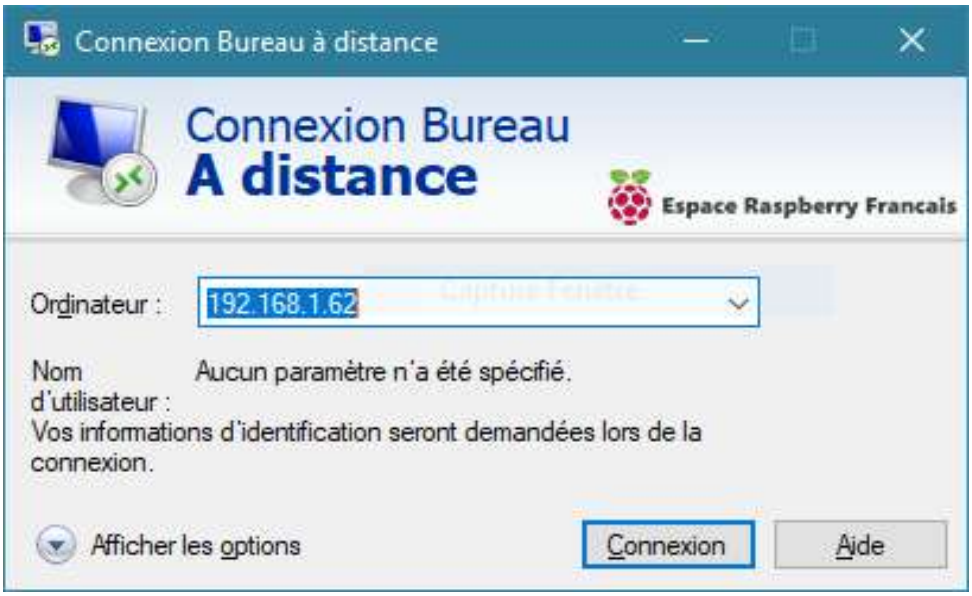


Figure II.11 : *L'outil de connexion à distance.*

On tape l'adresse IP du Raspberry et on clique sur connexion pour avoir la fenêtre suivante :

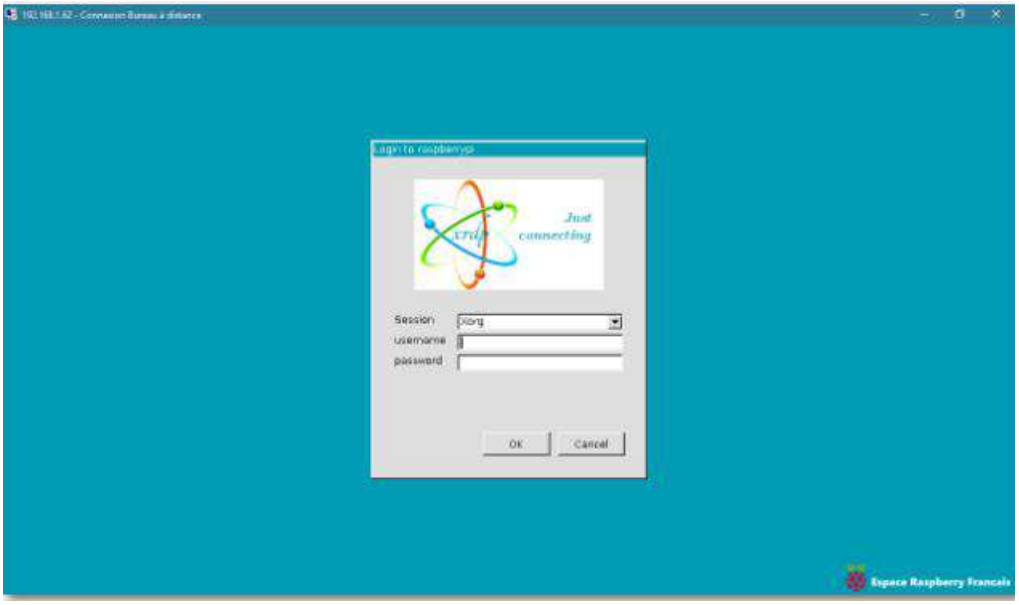


Figure II.12 : *fenêtre de connexion.*

La fenêtre suivante (II.13) devrait s'ouvrir. On se connecte avec nos identifiants et mots de passe (par défaut pi et Raspberry) et on valide. Une fois connecté, nous pouvons nous servir du bureau de notre Raspberry via l'ordinateur.

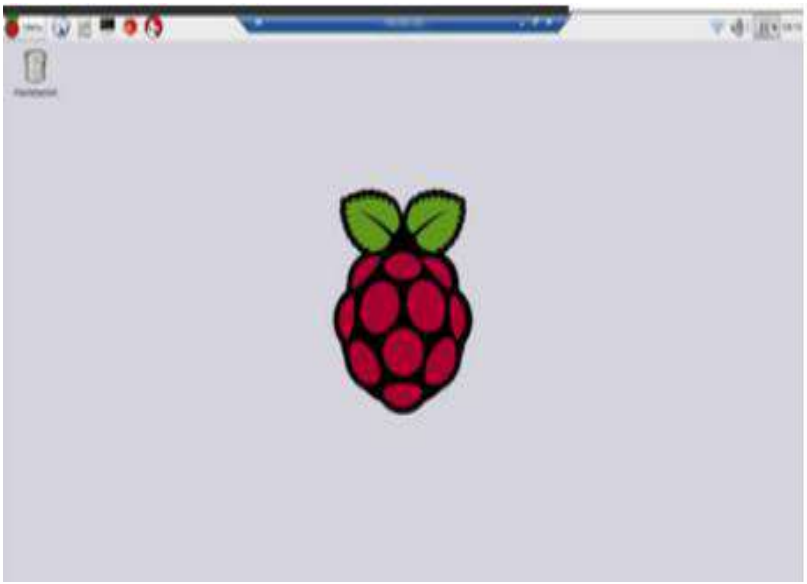


Figure II.13 : *Le Bureau Raspberry.*

Pour l'activation de la liaison SPI du Raspberry. Il faut tout d'abord s'assurer que le protocole SPI est activé. Pour ce faire, on va dans le menu "***Préférences***", "***Configuration du Raspberry Pi*** ". Sous l'onglet "***Interfaces***", activer ***SPI***, si ce n'est pas déjà fait.

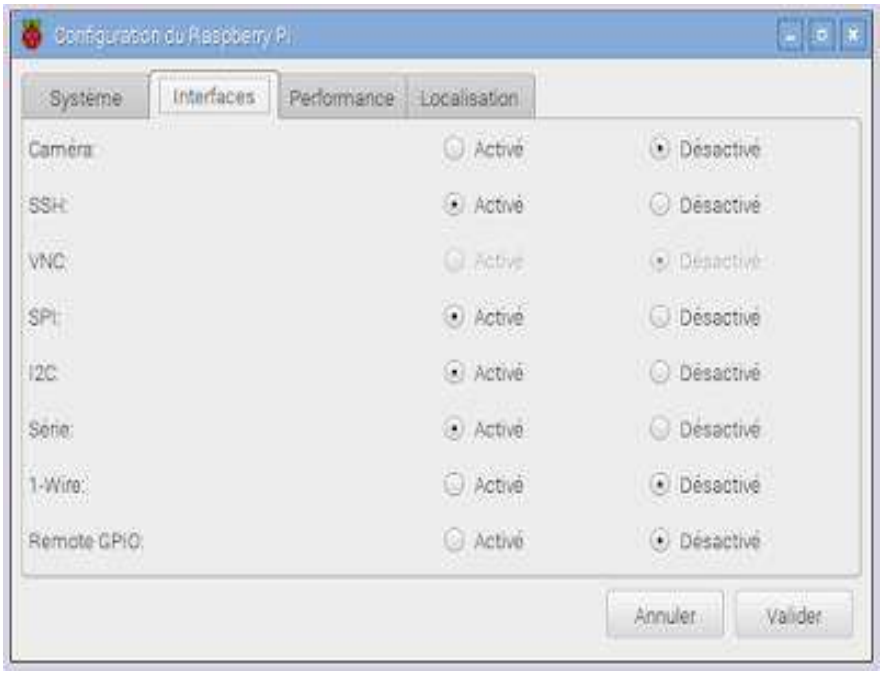


Figure II.14 : *Activation de SPI.*

5. Les nœuds End Device

Pour pouvoir exploiter le nœud sink élaboré à base de la carte Raspberry Pi 3, nous avons besoin d'un ensemble de nœuds de capteurs qui assurent la collecte des data via des capteurs. Pour cela nous avons opté pour des nœuds à base de microcontrôleurs 8 bits, ainsi notre choix a été porté sur l'une des cartes de développement de la famille Arduino (la carte nano). Ce dernier est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation open source [14].

5.1. La carte Arduino nano

Malgré l'existence dans le commerce d'une multitude de plateformes qui permettent de faire la même chose. Notamment les microcontrôleurs « PIC » du fabricant Micro chip, les microcontrôleurs 68HC11 de Motorola, et d'autres. Nous avons choisi la plate-forme Arduino pour les raisons suivantes :

- **Multiplateforme :** le logiciel Arduino, écrit en Java, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités Windows.
- **Un environnement de programmation clair et simple :** plateforme (IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que l'utilisateur avancé puisse en tirer profit également.
- **Logiciel Open Source et extensible :** l'IDE Arduino est publié sous licence open source, disponible pour être complété par des programmateurs expérimentés.
- **Une communauté très active :** la communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet.
- **La Taille de la carte de développement :** comme mentionné un peu plus haut, l'Arduino nano est la version réduite ou simplifiée de l'Arduino Uno Figure II-15.
- **Un prix très faible :** en termes de coût, la carte nano est d'un prix assez faible.

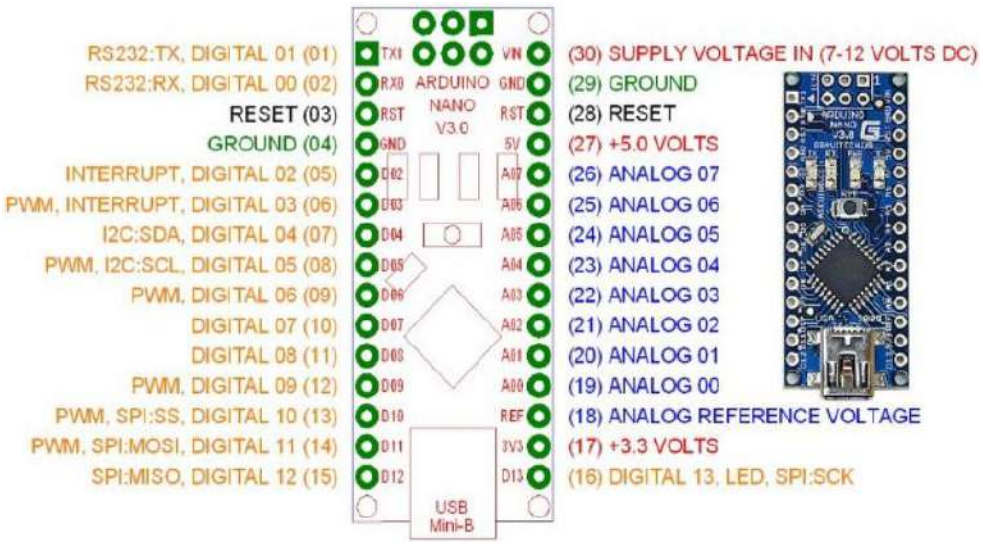


Figure II.15 : *La carte Arduino nano et son brochage.*

Le Tableau suivant présente les caractéristiques générales de la carte Arduino Nano :

Tableau II.5: *Les caractéristiques générales de la carte Arduino nano.*

Microcontrôleur	ATmega328
Vitesse de l'horloge	16MHz
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7-12V
Digital I/O Pins	22 (dont 6 fournissent sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	8
DC Courant par I/O Pin	40 mA
Courant DC pour 3,3 Pin	50 mA
Mémoire Flash	32 Ko (ATmega328) dont 2 Kb utilisé par Boot Loader
SRAM	2 Kb(ATmega328)
EEPROM	1 Kb (ATmega328)

5.2. Câblage de module nRF24L01+ sur la carte Arduino

De même, la carte Arduino nano a été câblée à un module nRF24L01+ pour pouvoir communiquer avec le nœud sink. Ce câblage est illustré par la figure suivante :

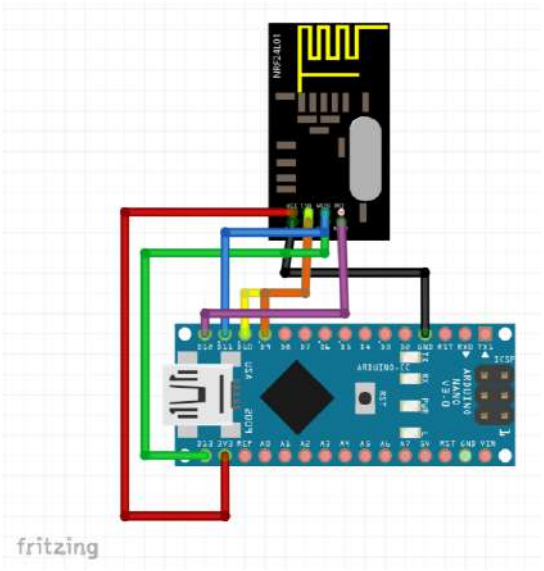


Figure II.16 : *Câblage du nRF24l01+ avec la carte Arduino nano.*

Le câblage des transmetteurs nRF24L01+ et détaillé sur au tableau ci-dessous :

Tableau II.5 : câblage des NRF24 sur Arduino Nano

nRF24L01+	Arduino
GND	Une des pins GND du Arduino (pin 4 : fil noir)
Vcc	Une des pins 3V3 du Arduino (pin **17** : fil rouge)
CE	GPIO22 du Arduino (pin **12** : fil Orange)
CSN	GPIO8 du Arduino (pin 13 : fil Jaune)
SCK	SCKL du Arduino (pin 16 : fil vert)
MOSI	MOSI du Arduino (pin **14** : fil bleu)
MISO	MISO du Arduino (pin **21** : fil Violet)

5.3. Carte d'extension Arduino nano utilisé :

Afin de simplifier l'interconnexion du module nRF24L01+ et des capteurs avec la carte Arduino nano, nous avons opté pour l'utilisation d'un modèle de carte d'extension du commerce (Figure II-17)

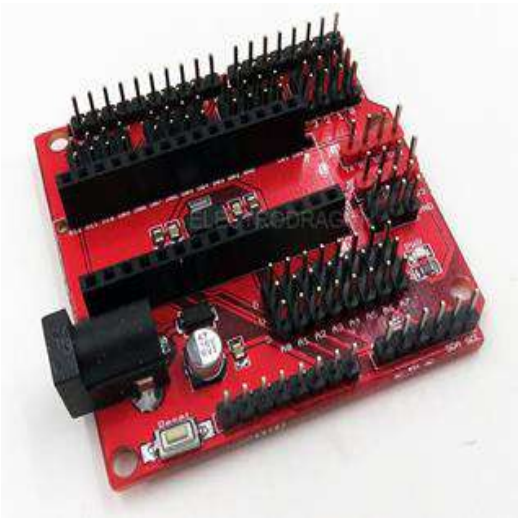


Figure II.17 : *Carte d'extension pour Arduino nano.*

5.4. Logiciel de développement

L'outil de développement des cartes Arduino est l'environnement de programmation Arduino (IDE) est une application écrite en Java inspirée du langage de traitement. Cette IDE permet d'écrire, de modifier un programme et de le convertir en une série d'instructions compréhensibles pour la carte. Le logiciel Arduino a pour fonctions principales :

- de pouvoir écrire et compiler des programmes pour la carte Arduino.

- de se connecter avec la carte Arduino pour y transférer les programmes.

- de communiquer avec la carte Arduino.

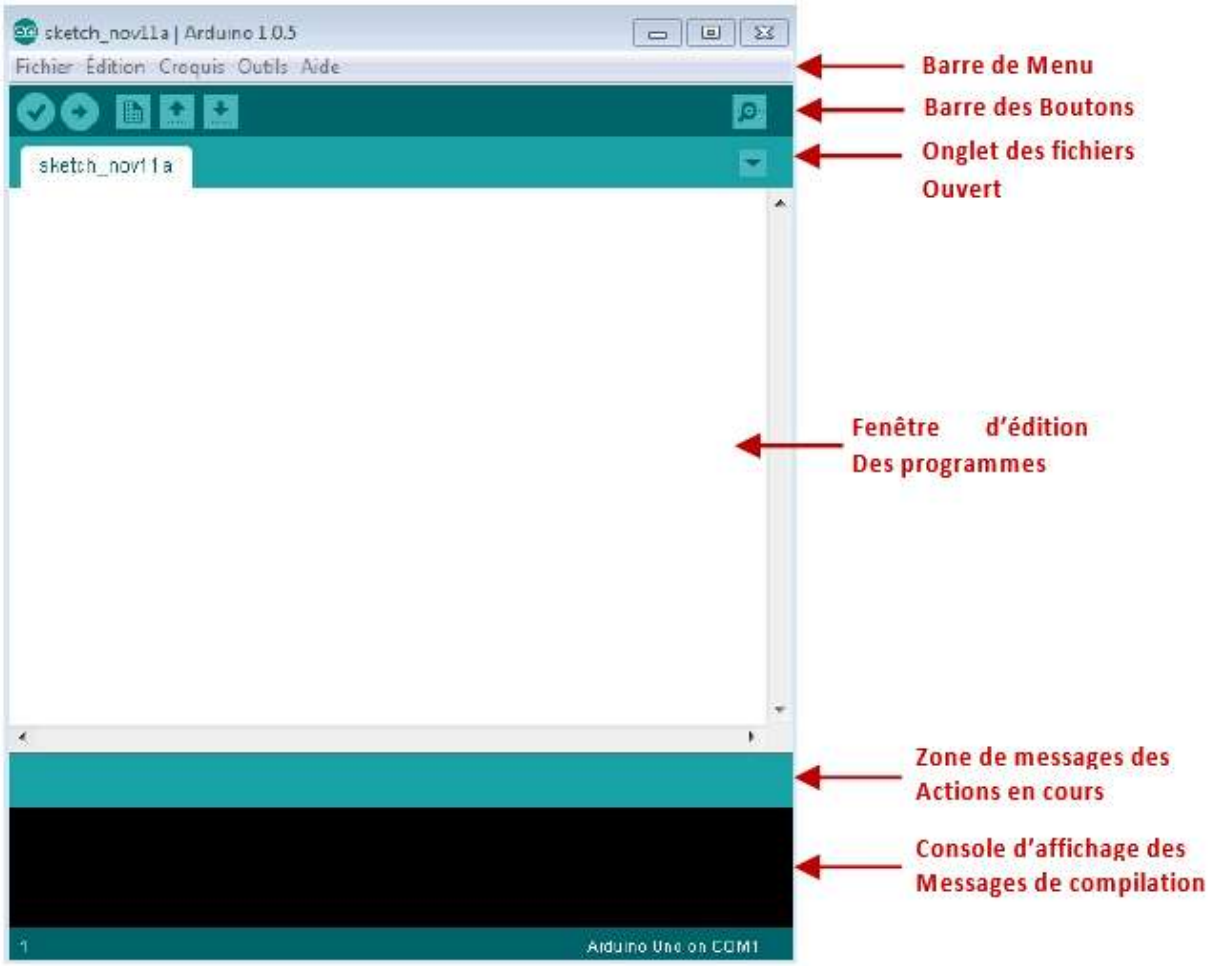


Figure II.18 : *La fenêtre principale de L'IDE Arduino.*

La « Barre de Boutons » (figure II-19) qui donne un accès direct aux fonctions essentielles du logiciel, contient les différents boutons suivants :

1. Vérifiée le programme ;
2. Compile le code et exporte le programme dans le microcontrôleur ;
3. Création d'un nouveau fichier ;
4. Ouverture d'un fichier ;
5. Sauvegarde le fichier ;
6. Ouvre le moniteur série**.**



Figure II.19 : *Les boutons de la barre des boutons.*

6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une description de la carte Raspberry Pi 3 avec ses caractéristiques, sa configuration et son câblage avec le module radio nRF24L01+. Suivi par le choix de la carte Arduino nano pour la réalisation des nœuds End Device.

Chapitre III

Mise en marche et tests

1. Introduction

Dans ce dernier chapitre, on va décrire l'implémentation pratique d'une application à base du nœud sink réalisé. On donnera une présentation de cette application et des montages à nœuds de capteurs utilisés. Enfin nous passerons vers la programmation visuelle et la création de l'interface graphique de visualisation.

2. Agriculture intelligent

L'agriculture intelligente a pour objet de renforcer la capacité des systèmes agricoles, de contribuer à la sécurité alimentaire en intégrant le besoin d'adaptation dans les stratégies de développement de l'agriculture durable.

Cet objectif requiert l'utilisation de nouvelles technologies, telles que l'imagerie satellitaire et l'informatique. Il s'appuie sur des moyens de localisation dans la parcelle dont le système de positionnement par satellite de type GPS, il s'appuie aussi sur l'utilisation des capteurs qui vont s'occuper de récolter les informations utiles sur l'état du sol, taux d'humidité, taux des sels minéraux, etc. et envoyer ces informations au fermier pour prendre les mesures nécessaires garantissant la bonne production [17].

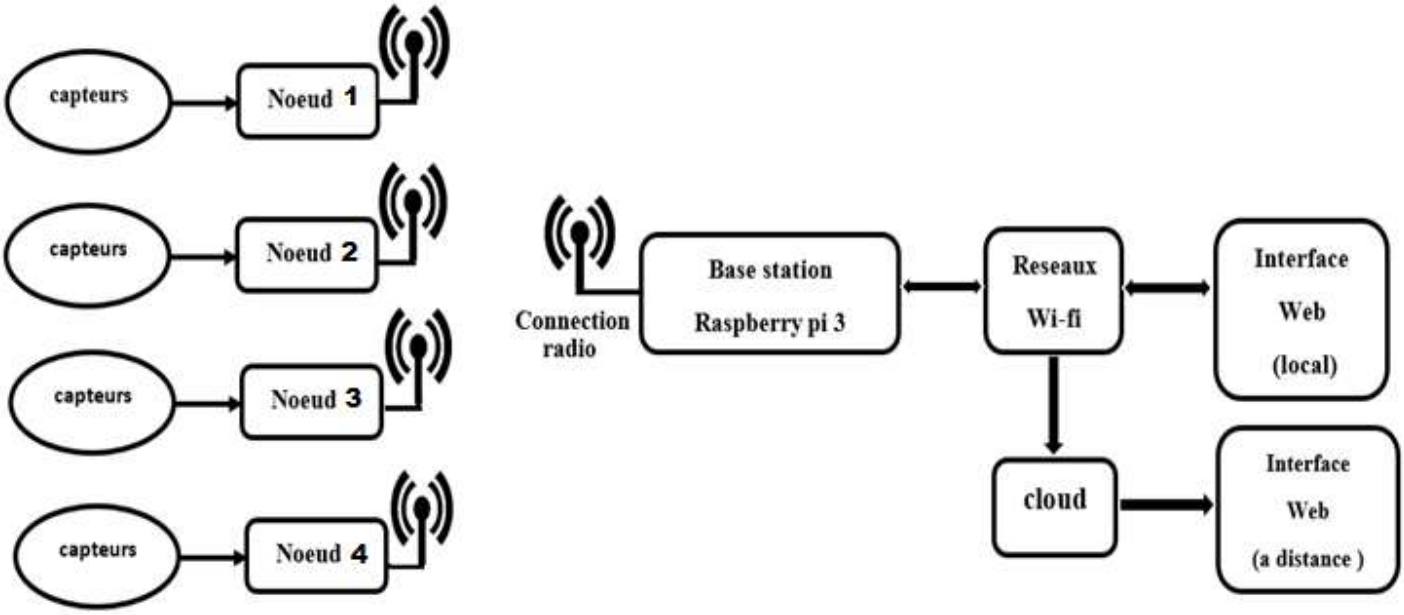


Figure III.1 : *Smart Agriculture.*

Pour gérer une Serre, nous allons utiliser un réseau de capteur sans fil qui nous aidera sur plusieurs plans, dans notre projet nous allons utiliser la topologie en étoile dans la collecte des données, pour mettre cette topologie en place, nous avons besoin de (la carte Raspberry Pi 3 comme nœud sink et les cartes Arduino nano associés à des capteurs comme nœuds End Device). La carte Raspberry Pi et utilisé pour recevoir les différentes données des capteurs déployés dans la serre, puis ces derniers sont traités et représentes sous forme d'un graphe sur une interface graphique réalisée à l'aide de la plate-forme Node Red.

Les cartes Arduino nano avec leurs capteurs associés nous donnent des informations précises sur ce qui se passe à l'intérieur ou à l'extérieur pour permettre aux de consultées ces data précieuses à distance à l'aide d'un smart phone ou un ordinateur depuis le réseau internet.

Figure III.2 : Schéma synoptique du dispositif à réaliser.



3. Description de l'application :

Les fonctions de services à assurer, se résument en :

- Collecte des données et des paramètres de la serre ;
- Transmission des données via un réseau sans fil ;
- Enregistrement et visualisation des données dans une interface web.

D'après l'étude achevée dans la phase d'analyse des besoins, désignant les composants matériels et logiciels permettant d'achever les fonctionnalités requises par notre système, nous proposons l'architecture matérielle décrite par la figure (III-3)

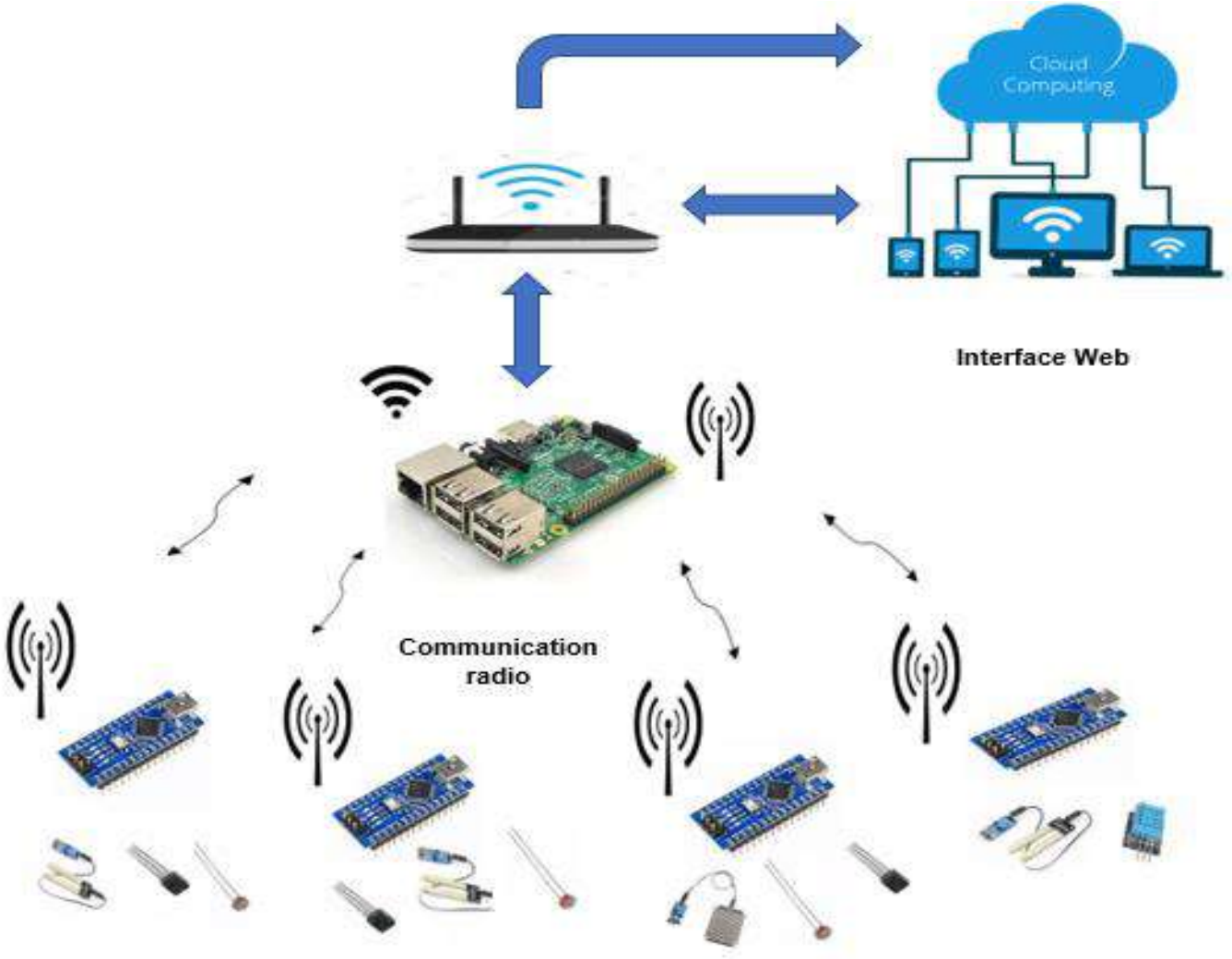


Figure III.3 : *Schéma détaillé de l'application réalisée.*

4. Les nœuds de capteurs

Dans notre projet nous avons proposé la mise au point de quatre nœuds End Device pour la surveillance de la serre, pour chaque nœud nous utilisons deux ou trois capteurs différant. Ces nœuds de capteurs communiquent avec le nœud sink (nœud de base) à travers les modules radio à base du nRF24L01+.

4.1. Le Nœud de capteurs 1

Ce nœud sert à mesurer trois grandeurs physiques :

- La température et l'humidité en utilisant le capteur DHT11.
- L'humidité du sol en utilisant le capteur YL-69.

4.1.1. Le capteur de température/d'humidité DHT11

Le capteur DHT11 (Figure III-4) fournit une information numérique proportionnelle à la température et à l'humidité mesurée. Il est constitué d'un capteur de température à base d'une thermistance CTN, d'un capteur d'humidité résistif et d'un circuit de traitement qui s'occupe de la gestion des mesures [18].

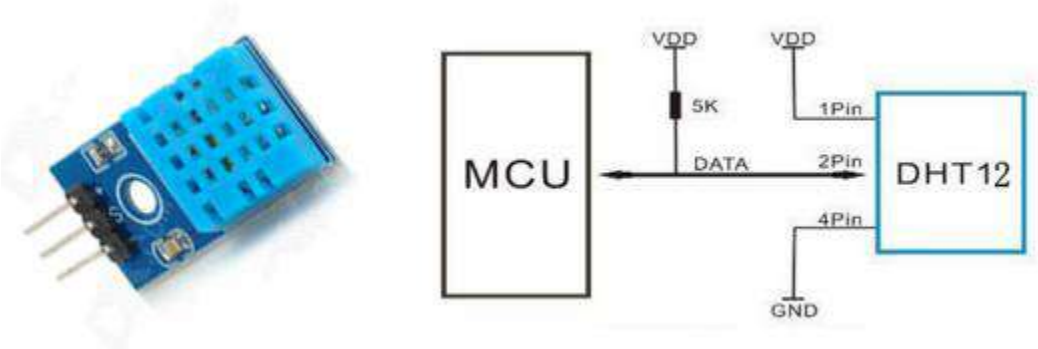


Figure III.4 : *Le capteur DHT11 et son schéma de brochage.*

Le capteur DHT11 est un composant électronique de dimensions (2 x 15.5 x 5.5 mm), il fonctionne avec une tension d'alimentation de 5V avec une consommation nominale de 0.5 à 2.5 mA au maximum. Ce capteur peut prendre deux grandeurs physiques pour la mesure, la température avec un étendue de mesure de 0 à 50 °C ± 2°C et l'humidité avec un étendue de mesure de 20-90 % RH ± 5% RH. Le DHT11 a une période de mesure de 2 s [18]. La figure (figure III-5.) présente le brochage du dht11 :



Figure III.5 : *Les Pin de DHT11.*

4.1.2. Le capteur d'humidité de sol YL-69

C'est un capteur simple qui peut être utilisé pour mesurer l'humidité du sol. Il peut lire la quantité d'humidité présente dans le sol qui l'entoure, ce module est capable de détecter quand le sol est trop sec ou trop humide. Ce capteur se présente sous la forme de deux éléments :

- La carte électronique du conditionneur ;
- La sonde à deux pads qui détecte la teneur en eau.

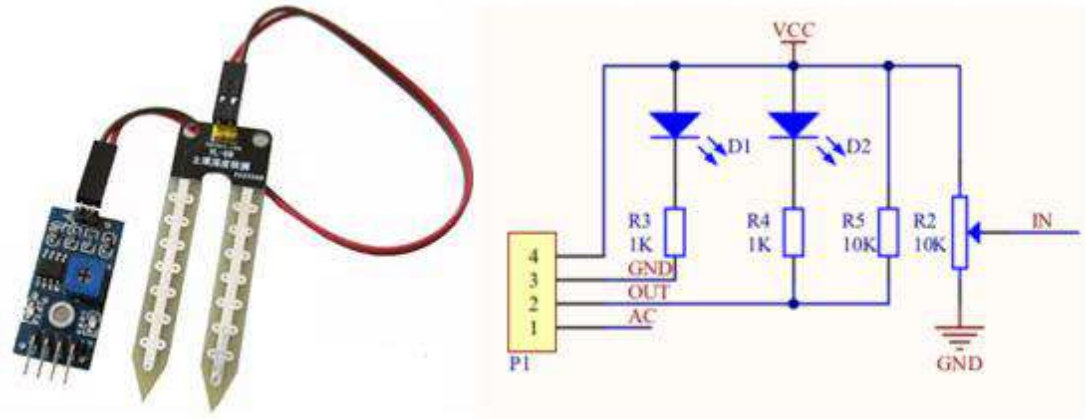


Figure III.6 : *Le capteur d'humidité de sol YL-69.*

Le capteur d'humidité du sol a des dimensions de 60 x 20 x 5 mm, il peut être utilisé pour détecter la quantité d'eau (niveau haut) ou (niveau bas) dans le sol. On peut l'alimente avec une tension allant de 3.3 à 5V avec une consommation de courant de 35 mA. Il intègre deux LED, indicateur d'alimentation (LED rouge) et indicateur de sortie de commutation numérique (LED vert). La sortie data gérer un signal de 0 à 4,2V [19], ce module peut être utilisé pour réaliser des systèmes d'arrosage automatique.



Figure III.7 : *Le circuit de traitement du capteur YL-69.*

La figure (III-8) présente l'organigramme simplifie du programme du nœud 1 :

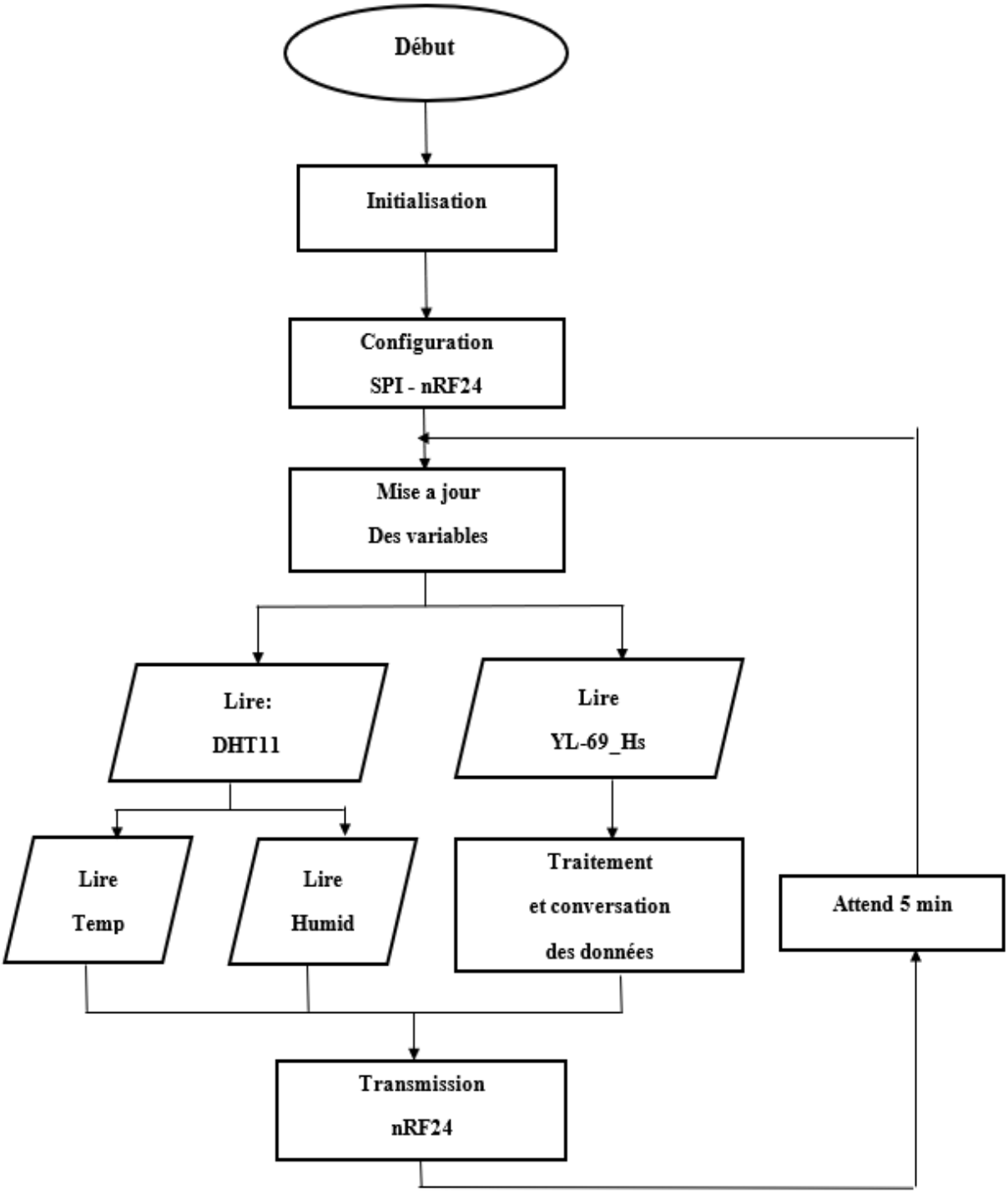


Figure III.8 : *L'organigramme du nœud de capteurs 1*.

Tout d'abord nous devons ajouter les bibliothèques des dispositifs à utiliser (les capteurs, module nFR24, SPI), après on passe à l'initialiser des variables et des constants, ensuite on doit configurer les pins d'entrées analogiques de la carte Arduino, une boucle permet de relevé des mesures de la température, de l'humidité et de l'humidité du sol à un intervalle de temps réglable à violenté, enfin les data sont transmis des via l'interface radio.

4.2. Les Nœuds de capteurs 2 et 4

Dans le deuxième et le quatrième nœud, on utilise le capteur FC-37 pour détecter la pluie. En plus on veut prendre des mesures des grandeurs physiques suivantes :

- La luminosité en utilisant le capteur LDR.
- La température avec le capteur LM35.

4.2.1. Le Capteur de lumière LDR

La photorésistance (LDR) est un composant très simple à mettre en œuvre et qui permet une interaction intéressante avec l'environnement. Le principe est simple : plus il y a de lumière, plus la résistance est basse. L'obscurité provoque une résistance importante.
Il s'agit donc d'un capteur de variation qu'il faudra connecter à l'Arduino via une pin analogique. Cette dernière transforme la tension reçue entre O et 5 V en valeur numérique sur 10 bits (entre 0 et 1023). Le schéma du montage à réaliser pour que notre carte Arduino puisse lire correctement la photorésistance est montré sur la figure (III-9)

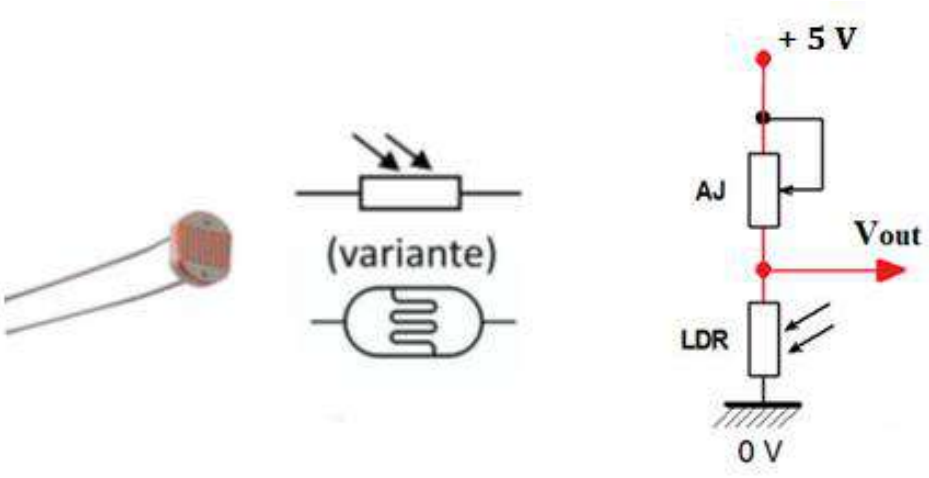


Figure III.9 : *La Photo résistance (LDR) et son circuit de mesure.*

La figure précédente décrit également le schéma électrique à utiliser pour exploiter la LDR dans la mesure de l'intensité lumineuse. Ainsi, la variation de la tension de sortie Vout dépend de la variation de la luminosité c'est-à-dire l'augmentation de la quantité de lumière provoque une augmentation de la tension Vout et l'inverse.

4.2.2. Le capteur de température LM-35

Le capteur de température LM35 est un capteur analogique fabriqué par Texas Instruments, il est capable de mesurer des températures dans l'intervalle de -55 à +150 °C. C'est un capteur de haute précision et facile d'utilisation, si pour ça qu'il est extrêmement Populaire en électronique. La tension de sortie augmente de 10 mV chaque fois que la température augmente de 1°C. Le LM35 fonctionne avec une tension d'alimentation de 4 à 30 V au maximum.

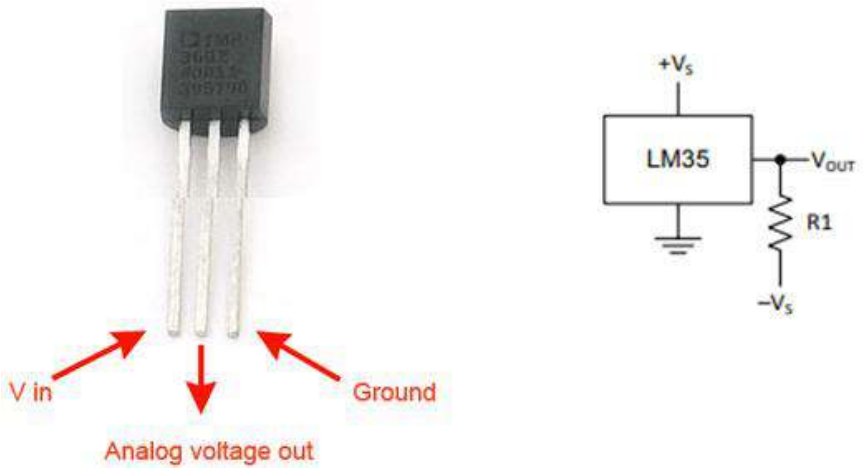


Figure III.10 : *Le capteur LM35 et son brochage* [20]

L'organigramme simplifié de la figure III-11 présente les taches réalisées par le programme des nœuds de capteurs 2 et 4. Ces derniers prennent les mêmes configurations du nœud précèdent sauf que nous avons remplacé les capteurs par d'autres types.

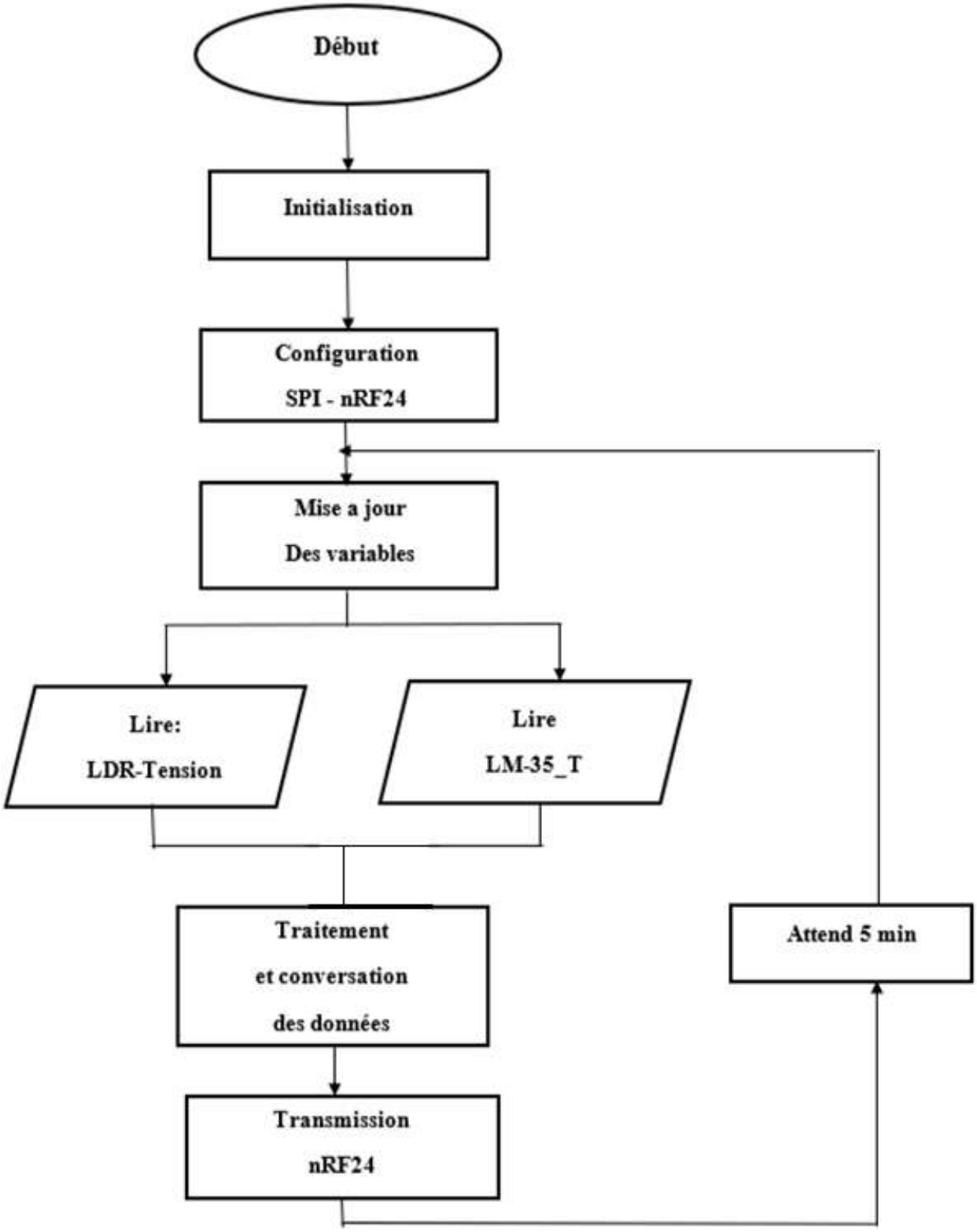


Figure III.11 : *L'organigramme simplifié du programme des nœuds 2 et 4*

4.3. Le Nœud de capteurs 3

Le nœud 3 contient les mêmes capteurs que le nœud 2 plus le détecteur Fc-37.

4.3.1. Le Détecteur de pluie FC-37

Le principe de fonctionnement de ce détecteur est très simple, il prend l'état 1 (niveau haut) à la présence de la pluie et prend l'état 0 (niveau bas) en absence de la pluie. Il est composé de 2 parties :

- La carte électronique du conditionneur ;
- La plaque de détection de la pluie.

La plaque permet, au contact de l'eau, de faire passer un courant, le circuit dispose de 4 pattes :

- **VCC :** Vous l'aurez deviné, pour alimenter le circuit en 5V.
- **GND :** connexion à la masse.
- **D0 :** Sortie digital, qui envoie une valeur numérique 0 ou 1.
- **A0 :** Sortie analogique, qui permet d'avoir une valeur variable et graduelle.



Figure III.12 : *détecteur de pluie FC-37.*

Le fonctionnement du nœud 3 est similaire au fonctionnement des du nœud 2 sauf qu'on a ajouté le détecteur FC-37. Pour cela on ajout au programme du nœud 2 une partie du code qui assure la lecture de détecteur FC-37 via une entrée numérique. Les taches de cette partie du code sont illustrées sur l'organigramme suivant :

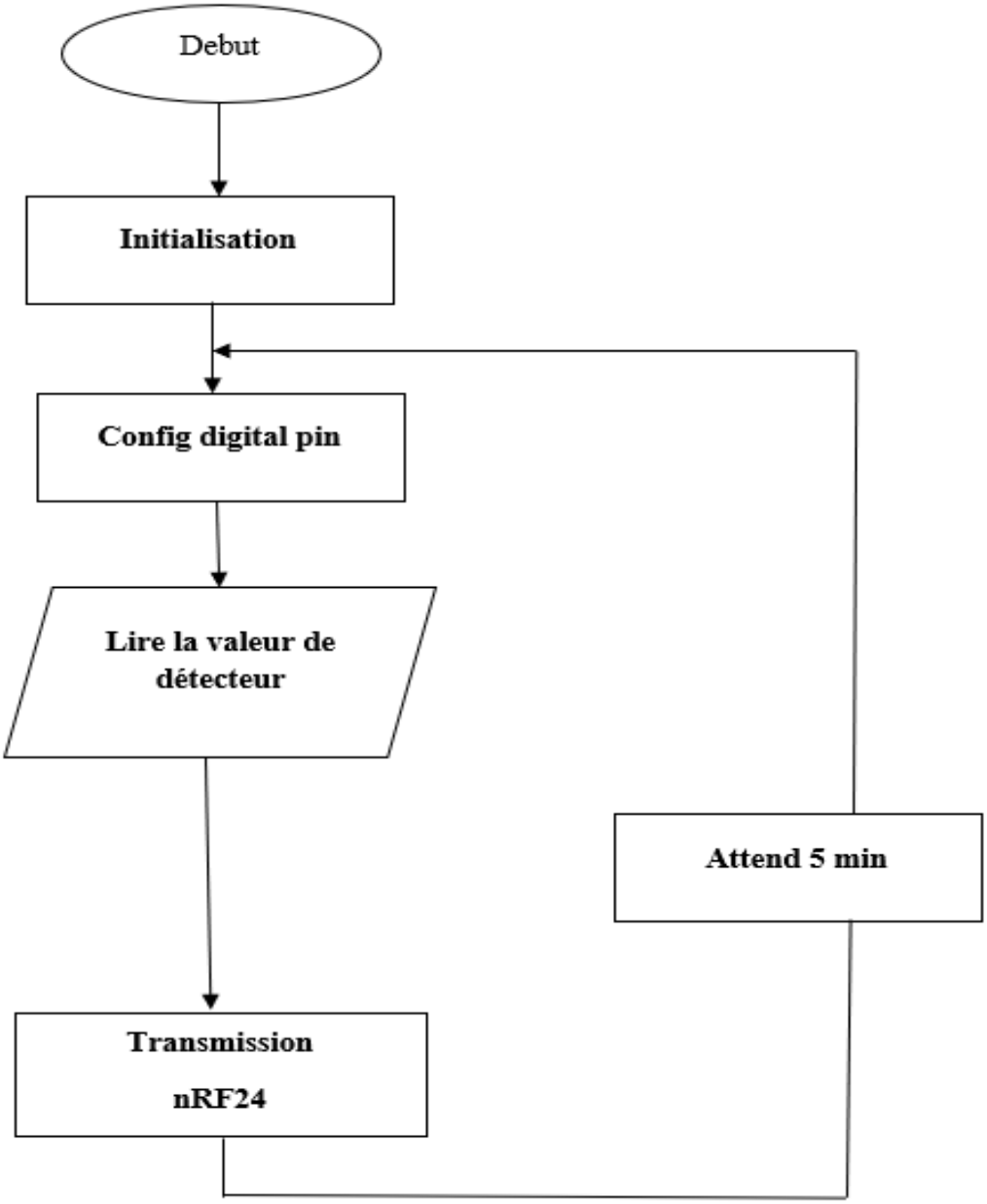


Figure III.13 : *organigramme du code à ajouter pour le programme du nœud 3*

L'utilisation des capteurs avec Arduino nécessite d'installer certaines bibliothèques dans l'IDE Arduino, allez dans le menu Croquis/Inclure une bibliothèque/Gérer les bibliothèques et rechercher : la bibliothèque « ResponsiveAnalogRead » et 'nRF24'. Les deux figures suivantes montrent que les deux bibliothèques ont été installées correctement :

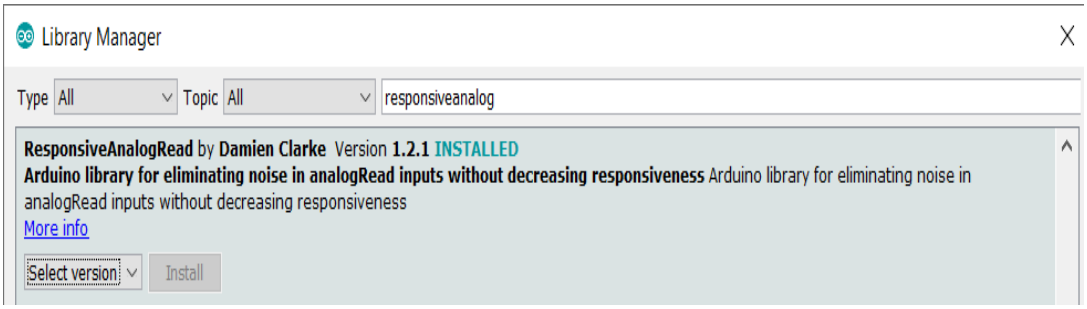


Figure III.14 : *Installation de la bibliothèque des capteurs.*

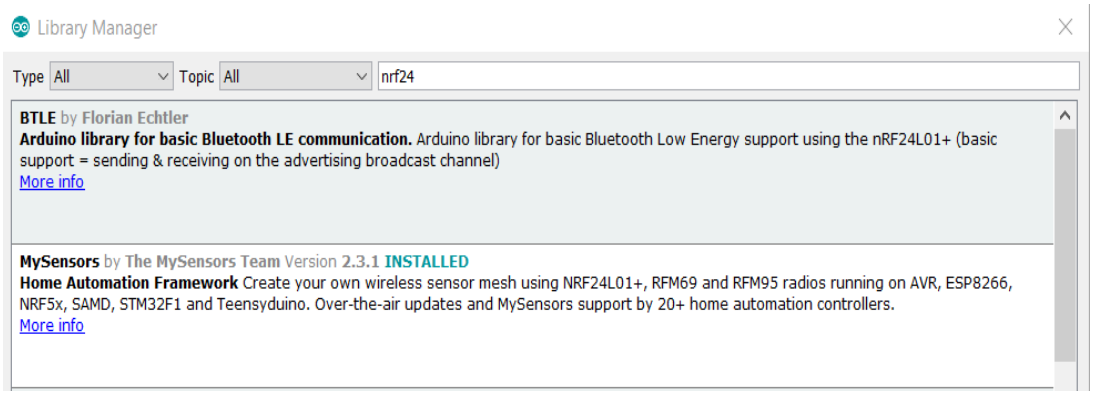


Figure III.15 : *Installation de la bibliothèque de nrf24.*

5. Node-Red

L'outil visuel Node-Red développé par IBM, utilisé pour la programmation des applications IOT et pour connecter les périphériques matériels, les API et les services en ligne dans le cadre d'Internet des objets. Il fournit un éditeur basé sur un navigateur web qui facilite la connections des flux en utilisant le large éventail de nœuds dans les palettes qui peuvent être déployé à son temps d'exécution en un seul clic. Les flux créés dans Node-RED sont stockés à l'aide de JSON qui peut être facilement importés et exportés pour le partage avec d'autres [21].

5.1. L'éditeur Node-Red

La fenêtre de l'éditeur est composée de quatre composants principaux :

- L'en-tête en haut, contenant le bouton de déploiement, le menu principal et, si l'authentification de l'utilisateur est activée, le menu de l'utilisateur ;
- La palette sur la gauche, contenant les nœuds (ou briques) disponibles ;
- L'espace de travail principal au milieu, où les flux sont créés ;
- La barre de débogage et information à droite.



Figure III.16 : *les différentes parties de l'éditeur Node-Red.*

5.2. Les nœuds d'entrées

La palette sur la gauche continent les nœuds d'entrées de base installées par défaut. Ils couvrent les mécanismes de communication de base.

5.3. Les Nœuds de traitements

La catégorie de fonctions contient une variété de nœuds qui effectuent des fonctions de traitement spécifiques. Ceux-ci vont du simple retard et nœuds de commutation au nœud de fonction programmable qui peut être adapté à presque n'importe quel besoin de programmation.



Figure III.17 : *le nœud de traitement.*

5.4. Les nœuds des sorties

Les nœuds de sorties sont essentiellement les images miroir de l'ensemble de base des nœuds d'entrées et fournissent un moyen d'envoyer des données sur le même ensemble de protocoles.

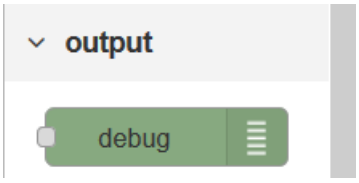


Figure III.18 : *Exemple d'un nœud de sortie.*

5.5. La palette Dashboard

Les nœuds de la palette Dashboard de Node-RED fournissent un ensemble complet de composants d'interface graphique pour la construction d'interfaces de base adaptés à l'Internet des objets (IoT), offrant des graphiques, des jauges, du texte de base ainsi que des curseurs et des entrées. Cependant, il y aura toujours des situations où nous avons besoin de quelque chose de

personnalisé. Le nœud de modèle est la solution pour créer les widgets d'interface graphique souhaités [22].

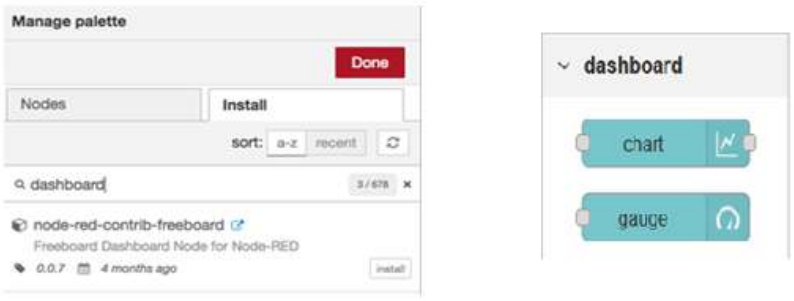


Figure III.19 : *La palette Dashboard*

Pour installer la gestion des palettes sur le nœud sink, on utlise les commandes suivantes dans le terminal :

node-red-stop.

cd ~/.node-red.

update-nodejs-and-nodered

Pour ajouter une nouvelle palette de nœuds, on doit cliquer sur le bouton Accueil, puis nous choisissons manage Palette, puis nous effectuons la recherche sur la palette à installer comme il est illustrée dans la figure (III-20)

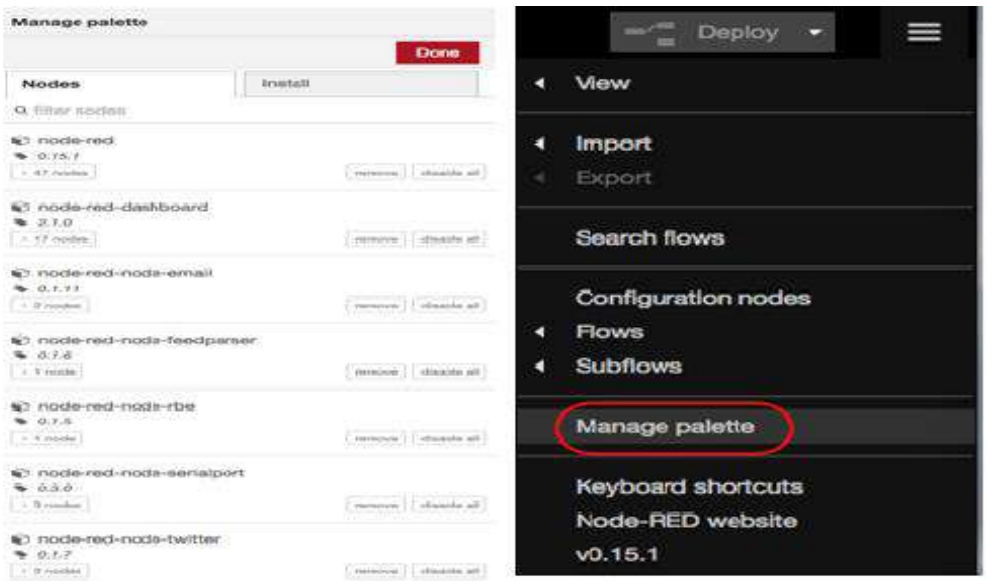


Figure III.20 : *Ajoute de nouvelles palettes de nœuds.*

Pour assurer la réception des données à partir des nœuds End Device via les modules radio nRF24L01+, nous devons ajouter la palette des nœuds nRF24L01+, figure III-21 :

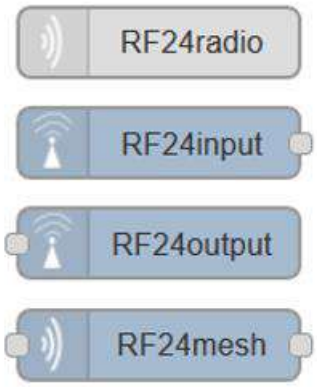


Figure III.21 : *Les nœuds de la palette nRF24L01+.*

Pour la configuration des noueds (briques) nRF24L01+ on doit remplir les cases suivantes :

- Les pins de réception ;
- l'adresse du nœud ;
- l'horloge ;
- et le cannel.

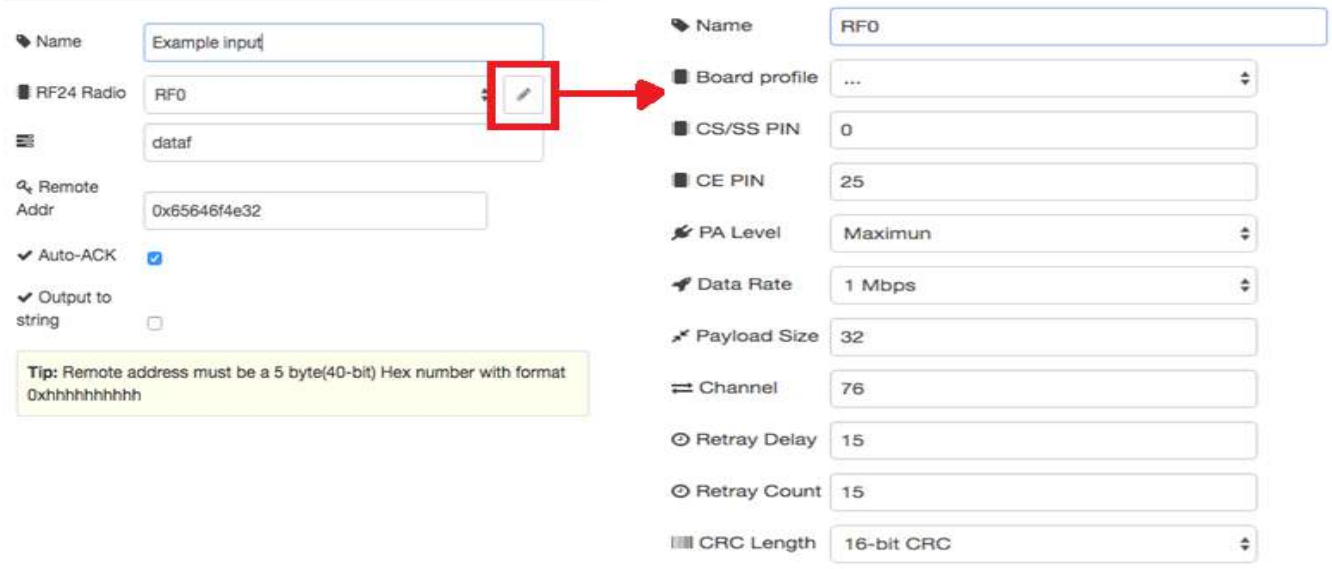


Figure III.22 :*Configuration de la brique nRF24L01+*

6. Réception et visualisation des données

La réception des données par le nœud sink à base du Raspberry Pi 3 est assurée par le flux de la figure ci-dessous. Les trames de type json qui arrivent sur la brique nRF24Input, sont fractionnées pour extraire les data relatives à chaque capteur afin de les représentées sur une interface graphique.

Pour réaliser l'application Node red, on doit se connecte à la plate-forme Node-RED depuis un navigateur internet à l'adresse **localhost :1880**.

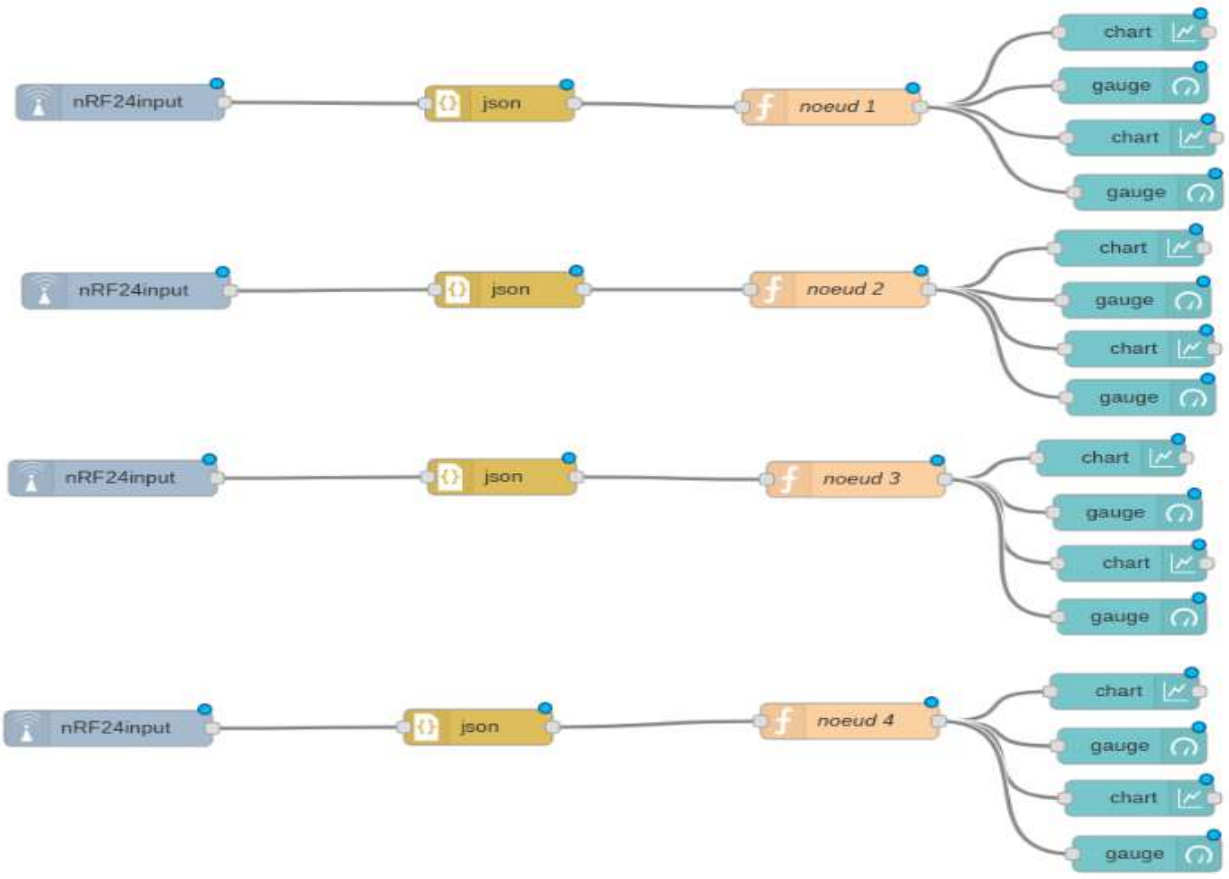


Figure III.23 : *Le flux de supervision des data des capteurs et détecteurs*

6.1. Les trame de données au format JSON

La trame JSON est une mise en forme structurée des données de type clé = valeur. Chaque ligne de données est séparée par une virgule (sans la dernière ligne). Une valeur peut être une chaine de caractères (une image sera une chaine), un nombre (entier ou décimal), un tableau (chaine, nombre), une structure (qui contiendra elle-même des données sous la forme clé = valeur). Voici un exemple d'une trame json :

{"sensor_1":22.1,"sensore_2":64.1,"unites":{"sensore_1":"°C","sensore_2":"%"}}

Pour le moment, on récupère une chaine de caractère sur c, on va la convertir en un objet JSON exploitable par Node-RED à l'aide de la brique « JSON ». On la place sur le flow et on la relie à la sortie de la brique nRF24Input.

Par la suite on procède à l'extraction de chaque mesure avec un peu du code JavaScript. On place une brique « function » et on la relie à la sortie de la brique « JSON ». On ouvre la fonction et on colle le code JavaScript suivant en remplaçant par la suite le mot « LM35 » par le nom du capteur ou détecteur dont on souhaite récupérer les data à travers d'une nouvelle fonction pour chaque capteur :

« msg.payload = msg.payload.LM35_raw;

return msg ; »

Node-RED transfert des messages (msg) au format JSON entre les briques (nœuds du programme). Les données se trouvent dans la clé « payload ». La première ligne extrait la mesure du capteur LM35 et écrase le payload actuel.

« msg.payload = msg.payload.LM35_raw ; »

La fonction retourne le message (msg) actualisé. Il ne renvoi plus que la mesure du capteur sélectionné. On effet la même procédure est appliquée au second capteur en ajoutant un second flux et ainsi de suite.

6.2. Visualisation des mesures sur un graphique

On cherche la brique « chart » dans la palette dashboard et on la place sur le flux. On relie les sorties des fonctions qui servent à l'extraction des data des différents capteurs aux entrées des briques chart.

On ouvre le panneau de configuration de la brique graphique. En cliquant d'abord sur le crayon pour créer un groupe de courbes en choisissant différents couleurs pour la représentation des data relatives aux différents capteurs. On peut configurer aussi d'autres paramètres d'affichage comme la graduation des axes X et Y, les unités de mesure, les intitulés des axes, la couleur de fond du graphe, …etc.

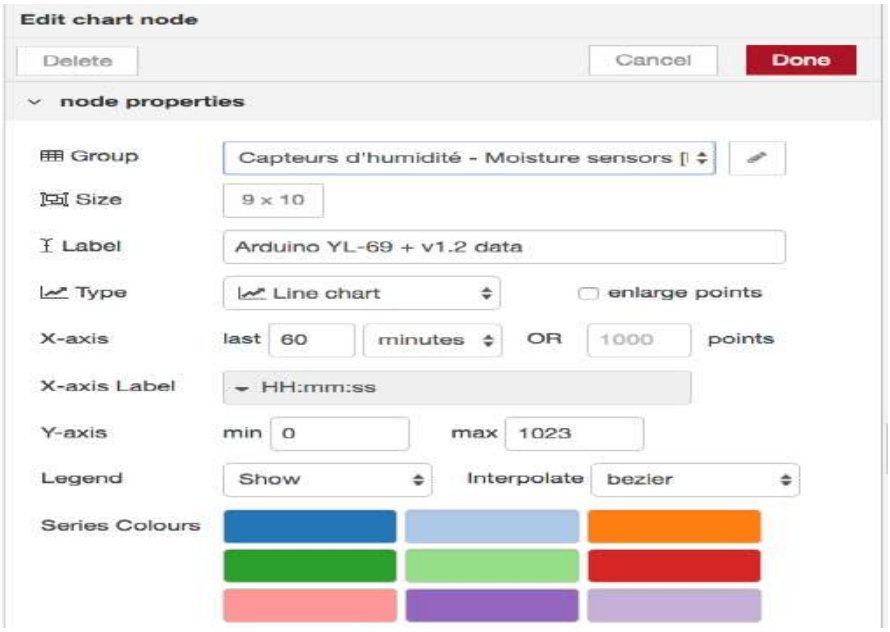


Figure III.24 : *Le panneau de modification du graphique*.

On enregistre, et on déploie le flux. Pour visualiser l'interface graphique crée on va à l'adresse **localhost : 1880/ui** (ou IP :1880/ui).

7. Conclusion :

Cette application est un simple moyen pour tester la fonctionnalité du nœud sink à base du Raspberry Pi 3, réalisé dans ce projet et qui permet de donner une grande souplesse pour la programmation de routines de traitement de données et peut être associé à des nœuds End Device de puissance de calcul plus faible comme les nœuds à base d'Arduino nano utilisés dans cette application.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Les RCSF(RCSF) sont un concept relativement nouveau et en évolution rapide, ils sont des réseaux de classe qui peuvent fournir les données traitées sur le terrain en temps réel à partir de capteurs répartis dans une zone donnée. Les nœuds de capteurs déployés assurent la collecte de mesures de différent type de grandeurs physiques.

Dans ce mémoire, nous avons présenté une brève description de ce type de réseaux, puis nous avons décrit la conception et la mise au point d'un nœud de base (sink) à base du nano ordinateur Raspberry Pi 3 et du module radio nRF24L01+. Le test du nœud mise au point a été effectué par l'implémentation d'un RCSF dans une application qui relève du domaine de l'agriculture intelligente afin de collecter les données d'une serre.

La conception et la mise en place du prototype de réseau de capteurs dans le domaine d'agriculture, nous a permis d'apprendre beaucoup de choses. Il a fallu pour cela prendre en main beaucoup de nouvelles technologies, d'une part il serait très intéressent d'ajouter à cette implémentation une partie à base d'actionneurs pour permettre aux fermiers d'agir à distance à travers l'interface graphique de cette application via une liaison internet ce qui offre au système la possibilité d'être géré à distance via l'utilisation de services web.

Bibliographie

[1] F. Brissaud, D. Charpentier, A. Barros et C. Bérenguer. Capteurs intelligents : nouvelles technologies et nouvelles problématiques pour la Sûreté de fonctionnement, Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, Lambda-Mu 16, Avigon, France 2008.

[2] : Pierre Maye, Edition Dunod, Aide-mémoire composants électronique, Dunod, janvier 2015.

[3] M. Badet et W. Bonneau, Mise en place d'une plateforme de test et d'expérimentation, Projet tutoré (1ière Master Technologie de l'Internet), Mémoire de Master, Université Pau et des pays de l'Adour 2006

[4] Abdelmadjid HAJAMI. Sécurité du routage dans les réseaux sans fil spontanés. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Informatique, Rabat.

[5] E.H.S. Mamour Diop. « Optimisation de la Transmission d'Images dans les Réseaux de Capteurs ». Thèse en cotutelle de doctorat en science : Université de Pau, France et Université Gaston Berger de Saint-Louis, Sénégal. Juin 2014

[6] E.H.S. Mamour Diop. « Optimisation de la Transmission d'Images dans les Réseaux de Capteurs ». Thèse en cotutelle de doctorat en science : Université de Pau, France et Université Gaston Berger de Saint-Louis, Sénégal. Juin 2014

[7] Yacine CHALLAL, Réseaux de capteurs sans fils, article scientifique, 2008.

[8] Fran¸cois Ingelrest, Guillermo Barrenetxea, Gunnar Schaefer, Martin Vetterli, Olivier Couach, and Marc Parlange. Sensorscope : Application-specific sensor network for environmental monitoring. ACM Transactions On SensorNetworking, 6(2) :1–32, 2010

[9] : Y.Yousef. « Routage pour la Gestion de l'Energie dans les RCSF». Thèse de Doctorat d'état en informatique, Faculté des Sciences et Techniques Université de Haute Alsace, Juillet 2010.

[10] I. Akyildiz, W. Su, E. Cayirci, Y. Sankarasubramaniam. "A survey on sensor networks", IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 8, pp. 102-114, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA. Août 2002.

[11]: C.T. KONE. « Conception de l'Architecture d'un Réseau de Capteurs sans Fil de Grande Dimension ». Thèse de Docteur. Université Henri Poincaré, Nancy I, Octobre 2011

[12]**:** Russell Barnes, David Whale, Laura Clay, Phil King, Lorna Lynch, « The Official Raspberry Pi Projects Book », 2014

[13]**:** SIRIPHAT POMYEN, « SIGNAL AND IMAGE PROCESSING WITH MATLAB ON RASPBERRY PI PLATFORM », Examiner and topic approved by the Faculty Council of the Faculty of Computing and Electrical Engineering on 4 February 2015

[14] : Eugène IONESCO "ARDUINO" Système d'Information et Numérique, France 2011

[15] Jonathan OxerHugh Blemings (Practical Arduino Cool Projects for Open Source Hardware) 2009

[16]: "In-Depth: How nRF24L01 Wireless Module Works & Interface with Arduino." [Online]. Available: https://lastminuteengineers.com/nrf24l01-arduino-wireless-communication/. [Accessed: 07-Jun-2019].

[17] Home | Food and Agriculture Organization of the United Nations." [Online]. Available: http://www.fao.org/home/en/. [Accessed: 22-Jun-2019].

[18] Datasheet du DHT11. [En ligne]. Disponible : http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf

[19] Datasheet du YL-69. [En ligne]. Disponible : http://www.sunron.com/PDF/yl69.pdf

[20] Datasheet du capteur de température lm35. [En ligne]. Disponible : https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf?HQS=TI-null-null-alldatasheets-df-pf-SEP-wwe

[21] Node-Red, https ://nodered.org/, page consultée le 07/04/2018.

[22] W.Y. Chung, F. Jocelyn, [et al.], Wireless Sensor Network Based Soil Moisture Monitoring System Design, Conference on Computer Science and Information Systems pp. 79R82, 201

Annexe

Capteur LM-35

1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full −55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates From 4 V to 30 V
- Less Than 60-µA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±¼°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

3 Description

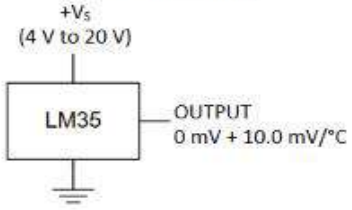
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature devices with an output voltage linearly-proportional to the Centigrade temperature. The LM35 device has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 device does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full −55°C to 150°C temperature range. Lower cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low-output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 device makes interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 device draws only 60 µA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 device is rated to operate over a −55°C to 150°C temperature range, while the LM35C device is rated for a −40°C to 110°C range (−10° with improved accuracy). The LM35-series devices are available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D devices are available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D device is available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

Device Information(1)

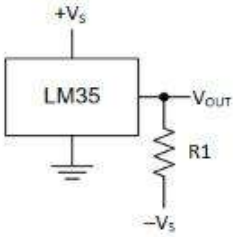
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM35	TO-CAN (3)	4.699 mm × 4.699 mm
	TO-92 (3)	4.30 mm × 4.30 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm × 10.16 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Basic Centigrade Temperature Sensor (2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Choose $R_1 = -V_S / 50\ \mu A$
$V_{OUT} = 1500$ mV at 150°C
$V_{OUT} = 250$ mV at 25°C
$V_{OUT} = -550$ mV at −55°C

Capteur le lumire LDR

Light Dependent Resistor - LDR



Two cadmium sulphide(cds) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.

Applications

Photoconductive cells are used in many different types of circuits and applications.

Analog Applications

- Camera Exposure Control
- Auto Slide Focus - dual cell
- Photocopy Machines - density of toner
- Colorimetric Test Equipment
- Densitometer
- Electronic Scales - dual cell
- Automatic Gain Control – modulated light source
- Automated Rear View Mirror

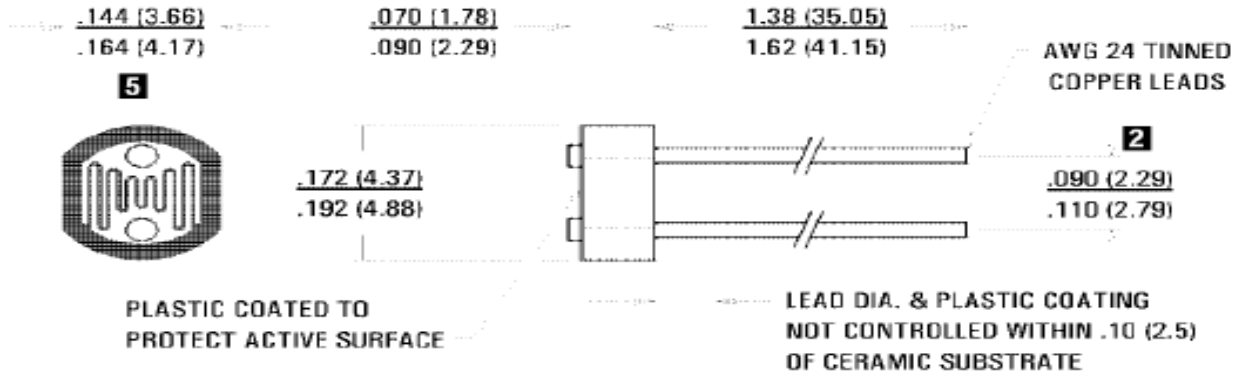
Digital Applications

- Automatic Headlight Dimmer
- Night Light Control
- Oil Burner Flame Out
- Street Light Control
- Absence / Presence (beam breaker)
- Position Sensor

Electrical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Cell resistance	1000 LUX 10 LUX	- -	400 9	- -	Ohm K Ohm
Dark Resistance	-	-	1	-	M Ohm
Dark Capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise Time	1000 LUX 10 LUX	- -	2.8 18	- -	ms ms
Fall Time	1000 LUX 10 LUX	- -	48 120	- -	ms ms
Voltage AC/DC Peak		-	-	320	V max
Current		-	-	75	mA max
Power Dissipation				100	mW max
Operating Temperature		-60	-	+75	Deg. C

Dimensions

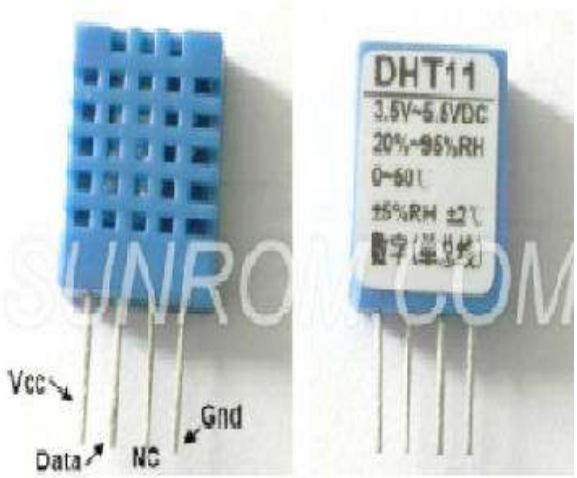


Capteur temperature/humidite DHT11

DHT11 - Humidity and Temperature Sensor

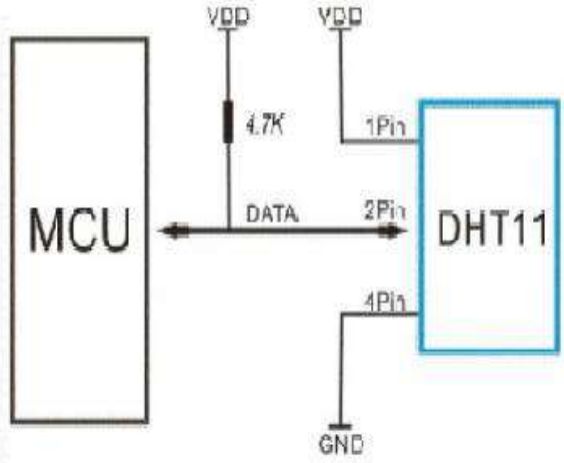
The DHT11 is a basic, low-cost digital temperature and humidity sensor. It uses a capacitive humidity sensor and a thermistor to measure the surrounding air, and spits out a digital signal on the data pin (no analog input pins needed).

Its fairly simple to use, but requires careful timing to grab data. The only real downside of this sensor is you can only get new data from it once every 2 seconds.



Features

- Full range temperature compensated
- Relative humidity and temperature measurement
- Calibrated digital signal
- Outstanding long-term stability
- Extra components not needed
- Long transmission distance
- Low power consumption
- 4 pins packaged and fully interchangeable



Details

This sensor includes a resistive-type humidity measurement component and an NTC temperature measurement component, and connects to a high-performance 8-bit microcontroller, offering excellent quality, fast response, anti-interference ability and cost-effectiveness. Each DHT11 element is strictly calibrated in the laboratory that is extremely accurate on humidity calibration. The calibration coefficients are stored as programmes in the OTP memory, which are used by the sensor's internal signal detecting process.

The single-wire serial interface makes system integration quick and easy. Its small size, low power consumption and up-to-20 meter signal transmission making it the best choice for various applications, including those most demanding ones. The component is 4-pin single row pin package.

Une figure qui présente le module avec les broches

