

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 : Télécommunications

Spécialité : Technologies des systèmes de Télécommunications

Par : BERRAZEG Khaled & BELAIDI Yamina

Sujet

Détection des feux de forêt par réseau de capteurs

Soutenu devant le jury composé de :

Mr SEDDIKI Omar	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mr BORSALI Riadh	MCA	Univ. Tlemcen	Examineur
Mr BENADDA Belkacem	MCA	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
Mr BEHDADA Omar	MCA	Univ. Tlemcen	Invité

Année Universitaire 2016/2017

Table des matières

Introduction générale	01
Chapitre I Feux des forets et Méthodes de détection	
I. Introduction	03
II. Les feux forêts.....	03
1. Les causes humaines	04
2. Les causes naturelles	05
III. Les types de feux de forêt.....	05
IV. Les feux de forêt en Algérie	05
V. Les moyens de lutte contre les feux de forêts	07
1. La détection aérienne.....	07
a. Les systèmes satellites.....	07
b. Véhicules aériens autonomes.....	08
2. Détection terrestres	09
a. Les systèmes de vidéosurveillance automatique.....	09
b. Réseau de capteurs à fibre optique.....	10
c. Réseaux de capteurs sans fil.....	11
VI. Conclusion.....	11
Chapitre II Détection des feux par capteurs	
I. Introduction.....	12
II. Arduino	12
1. les avantages de l'Arduino	12
2. Les inconvénients de la carte Arduino	13
3. les types de la carte Arduino	13
a. La carte Arduino Uno.....	13
b. La carte Arduino Mega	14
III. Le module infrarouge.....	15
1. Un point sur l'infrarouge	15
2. Branchement de module infrarouge.....	16
3. L'algorithme de l'infrarouge.....	18
IV. Détecteur de gaz MQ-7.....	19

1. Branchement du détecteur de fumé	19
2. L'algorithme de l'auto-calibration.....	20
3. L'algorithme de détecteur de Gaz	21
V. Conclusion.....	21
Chapitre III Réseau de capteurs par la détection.	
I. Introduction.....	22
II. Le réseau de capteur	22
III. Les nœuds ou capteurs du réseau	23
IV. Le module NRF24L01.....	23
1. Caractéristiques de NRF24L01.....	23
2. Définitions des pins de NRF24L01.....	25
3. Fréquence de chaîne RF	26
4. Enhanced Shockburst.....	27
a. Format de paquet Shockburst améliorée.....	27
b. Multireceiver.....	27
5. Branchement du NRF24L01.....	28
V. L'algorithme du nœud de détection	28
VI. Conclusion	31
Conclusion Générale	32

Bibliographie

Annexes

Liste des Figures

Chapitre I

Figure 1 : ingrédients pour déclencher un feu.	03
Figure 2 : Des exemples des causes humaines.	04
Figure 3 : Déclenchement d'un feu par la foudre.	05
Figure 4 : Risque moyen d'incendie en Algérie.	06

Chapitre II

Figure 1 La carte Arduino Uno.	14
Figure 2 La carte Arduino Méga.	15
Figure 3 Spectre électromagnétique.....	15
Figure 4 Branchement du module IR	16
Figure 5 Block diagram	16
Figure 6 Densités de courant – caractéristique de tension d'une jonction.....	17
Figure 7 L'algorithme de l'infrarouge	18
Figure 8 Branchement de module détecteur de Gaz	19
Figure 9 Algorithme de l'auto-calibration	20
Figure 10 Algorithme de détecteur de Gaz	21

Chapitre III

Figure 1 Réseau de capteur sans fil	22
Figure 2 Le module NRF24L01.....	23
Figure 3 Schéma bloc NRF24L01.....	26
Figure 4 Format de paquet de Shockburst.....	27
Figure 5 PRX utilisant multireceiver.....	28
Figure 6 Branchement de NRF24L01.	28
Figure 7 Faire communiquer deux Arduinos.....	29
Figure 8 l'affichage sur le serial monitor en cas de détection de fumée.	30
Figure 9 l'affichage sur le serial monitor en cas de détection IR du spectre du feu.	30
Figure 10 Le nœud de notre réseau.	31
Figure 11 Le puit de notre réseau.	31

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1 Quelques exemples de l'origine des incendies..... 04

Tableau 2 Quelques exemples de zones touchées par le feu de forêt..... 06

Chapitre III

Tableau 1 la fonction et la définition de chaque Pin dans le NRF24L01..... 25

CHAPITRE I

Feux des forets et Méthodes de détection



Chapitre II

Détection des feux par capteurs

Chapitre III

Réseau de capteurs par détection

Annexes

Introduction générale

Conclusion générale

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement notre encadreur Monsieur BENADDA Belkacem pour la confiance qu'il nous a témoignée en nous proposant ce projet, pour sa disponibilité, son écoute et ses conseils avisés. Ainsi que pour toute l'aide qu'il nous a apporté afin de nous permettre de mieux cerner le travail à réaliser.

Nous exprimons tous nos remerciements à l'ensemble des membres de notre jury. Mr SEDDIKI Omar, Professeur à l'université de Tlemcen, pour l'honneur qu'il nous fait d'être président de ce jury et à qui nous adressons toute notre gratitude. Mr BORSALI Riadh, Docteur à l'université de Tlemcen, pour avoir accepté d'examineur ce travail, nous le remercions vivement.

Nos remerciements vont également à tous nos Professeurs pour nous avoir initiés à cet un environnement de travail et pour nous avoir appris la bonne démarche pour la réalisation de projet et sa présentation orale.

Nous remercions aussi BENMAMMER Hafida, pour sa collaboration en nous fournissant des données précises sur les feux de forêt.

Il nous est impossible d'oublier MEDJAHDI Mohammed karam pour sa précieuse aide à la conception et à la correction de notre système embarqué.

Enfin nous souhaitons remercier tous nos amis(es) pour leur sincère amitié et confiance, et à qui nous devons notre reconnaissance et notre attachement, en particulier ceux qui nous ont apportés soutien moral, courage et espoir au cours de la réalisation de ce mémoire.

.

Introduction Générale

Durant l'année 2016/2017, pour notre deuxième semestre du Master 2, le stage s'est déroulé en deux parties :

- La première s'étale de Février à juillet où nous avons eu l'opportunité de partir dans le cadre du programme Erasmus plus, en Pologne. Nous avons eu l'occasion d'avoir une bonne expérience à l'université de Technologie de Lublin. L'accueil de cet établissement a été d'une grande sympathie, n'hésitant pas à créer de nombreux « social meeting » afin de nous faire rencontrer, autres Erasmus ainsi que le personnel universitaire, ce qui nous a appris le travail en équipe. Au cours de ce séjour nous avons eu une formation en suivant des cours académiques d'une grande qualité et en anglais. Ce qui nous a permis de renforcer notre niveau de cette langue. Nous avons eu 06 matières au cours de ce semestre dont 03 étaient du travail pratique, ainsi nous avons pu maîtriser IP networks, Object programming in C++, Fundamentals of mobile operating systems. Cette formation a été évaluée par des examens écrits mais c'était l'occasion d'élaborer une présentation orale.

- La deuxième partie de notre stage de master 2 s'est déroulée d'août à septembre à la Faculté de Technologie de l'université de Tlemcen, où nous avons réalisé la conception d'un réseau de capteurs sans fil faisant l'objet de notre projet qui s'intitule « **Détection des feux de forêt par réseau de capteurs** »

En effet, les feux de forêts ont toujours causés des dégâts à l'échelle mondiale en effet chaque année des millions d'hectares de terres boisées sont dévastés par les flammes, faisant dépenser des sommes colossales pour leur extinction et occasionnant d'immenses pertes en bois, biens et espaces de loisir et, dans certains cas, en vies humaines.

Dans le cas algérien, il est incontestable qu'une amélioration supplémentaire des moyens techniques et une meilleure répartition de l'effort d'aménagement et d'équipement pourraient contribuer à réduire encore les bilans des surfaces incendiées. [01]

Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) ont été classés parmi les 21 technologies les plus importantes du 21ème siècle. En effet, la recherche dans le domaine des capteurs est en train de vivre une révolution importante, ouvrant des perspectives d'impacts significatifs dans de nombreux domaines : Domotique, Transports, Santé ou encore surveillance de phénomènes environnementaux.

La gestion de ces réseaux repose sur deux approches. La première considère le réseau à plat dans lequel on déploie directement des protocoles de communication adaptés. La deuxième approche considère une structure auto-organisée qui offrira un support pour le routage, la localisation (Référence : Conception de l'architecture d'un réseau de capteurs sans fil de grande dimension. 2011.

En ce sens, notre projet consiste à élaborer un Réseau de Capteurs Sans fil permettant la détection des feux dans les forêts

Le mémoire est organisé en trois chapitres.

Le premier chapitre, décrit les feux de forêts et les méthodes archaïques de lutte contre les feux de forêts.

Le deuxième chapitre, concernera la réalisation de la carte de détection en décrivant le développement des composants et l'environnement de travail Arduino.

Et dans le troisième chapitre, nous présenterons une solution qui se définit par la création d'un réseau de capteurs sans fil en précisant la manière avec laquelle nous avons implémenté ainsi que le fonctionnement de ces derniers.

Dans la conclusion, nous exposons quelques perspectives à ce travail

I. Introduction

L'incendie est un phénomène très ancien. Jadis, il représentait un moyen pour gagner des terres sur la forêt. De plus c'est un phénomène qui échappe au contrôle de l'homme, tant en durée qu'en étendue. Chaque année, le feu brûle des centaines de km² de superficie de forêts surtout pendant les fortes chaleurs. Un feu de forêt est par définition, un sinistre situé sur des massifs couverts de bois dont les causes très diverses peuvent être naturelles, ou contrairement à cela, dues aux actes des êtres humains.

Les feux de forêt ont des effets négatifs sur les personnes, les animaux, les forêts et le sol indépendamment des dommages économiques qui peuvent résulter.

Face aux dégâts de ces feux, il devient très urgent de revoir les méthodes archaïques de lutte contre les feux de forêts utilisées jusqu'à ce jour dans le contexte local, et d'introduire les nouvelles technologies de l'information et de communication, comme par exemple la technologie des Réseaux de Capteurs Sans Fils RCSF. Afin de réduire au minimum les dommages, la détection rapide des feux de forêt devient un enjeu crucial.

II. Les feux de forêts

Pour qu'un feu se déclenche, il est indispensable de réunir trois ingrédients : un combustible, un comburant et aussi une énergie d'activation, une source de chaleur. Dans le cas des feux de forêt, la végétation tient lieu de combustible, l'air et l'oxygène qu'il contient, jouent le rôle de comburant et la moindre étincelle peut alors suffire à apporter une énergie d'activation suffisante.

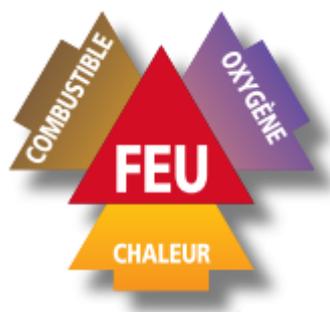


Figure 1 : ingrédients pour déclencher un feu.

Lorsque la température est élevée et que la pluie vient à manquer, une large part de l'eau contenue dans les tissus des plantes qui constituent les forêts s'évapore. Les feuilles constituent alors un combustible de choix, d'autant qu'elles offrent une large surface de

contact avec le comburant oxygène. La moindre étincelle peut alors venir enflammer des brindilles, puis des herbes sèches, des buissons, des arbres et enfin, la forêt tout entière.

Il existe plusieurs causes provoquant les incendies. Elles peuvent être naturelles ou humaines.

1. Les causes humaines

Les humains ont un très grand rôle dans le déclenchement de feu forêt, que ce soit volontaire comme la pyromanie, la vengeance et même un enjeu politique, économique ou social. L'homme peut aussi causer involontairement un feu de forêt par imprudence, ou par accidents.



(a) Exemple de pyromanie. (b) Exemple d'imprudence. (c) Exemple d'accident.

Figure 2 Des exemples des causes humaines.

Les statistiques officielles algériennes admettent en effet que 80 % des causes sont d'une source inconnue.

Tableau 1. Quelques exemples de l'origine des incendies

Origines des incendies	Exemples
Travaux agricoles	En forêt : récolte du miel par fumage, défrichements pour labours En périphérie : feu pastoral, incinération de végétaux
Travaux forestiers	Carbonisation (charbonnières), brûlage des rémanents après éclaircie
Travaux industriels	Brûlage de déchets, étincelles...
Touristes	Pique-nique, mégots
Chasseurs	Battue, campement
Habitations	Feu de jardin, barbecue

2. Les causes naturelles

La végétation ne s'enflammant pas seule, même s'il y a une forte sécheresse, l'unique cause naturelle connue dans le Bassin Méditerranéen est la foudre. Ce phénomène est cependant exceptionnel en Algérie où on admet que 20 % des cas sont des interprétations comme « l'origine naturelle » du phénomène ou bien « les conditions climatiques ».



Figure 3 : Déclenchement d'un feu par la foudre.

III. Les types de feux de forêt

Après l'éclosion, le feu peut prendre différentes formes en fonction des conditions climatique et des caractéristiques de la végétation :

- **Les feux de sol** → brûlent la matière organique contenue dans la litière, l'humus ou les tourbières.
- **Les feux de surface** → brûlent les strates basses de la végétation, la partie supérieure de la litière, la strate herbacée et les arbustes. La propagation du feu peut être rapide lorsqu'il se développe librement, et si les conditions sont favorables (vent, relief).
- **les feux de cimes** → brûlent la partie supérieure des arbres (ligneux hauts). La vitesse de propagation est très élevée.

Ces trois types de feu peuvent se produire simultanément sur une même zone.

IV. Les feux de forêt en Algérie :

L'Algérie fait partie des pays où le problème des feux de forêts est assez peu connu par la communauté scientifique : si en valeur absolue les superficies brûlées restent relativement modestes au regard d'autres pays du pourtour méditerranéen, la rareté des forêts et les menaces de désertification font que ces incendies ont un impact particulièrement désastreux. L'Algérie ne possède en effet que 4,1 millions d'hectares de forêts, soit un taux

de boisement de 1,76 %. Or la fréquence rapprochée des incendies qui se suivent avec un intervalle de retour de moins de 10 ans a un impact catastrophique sur le plan écologique.

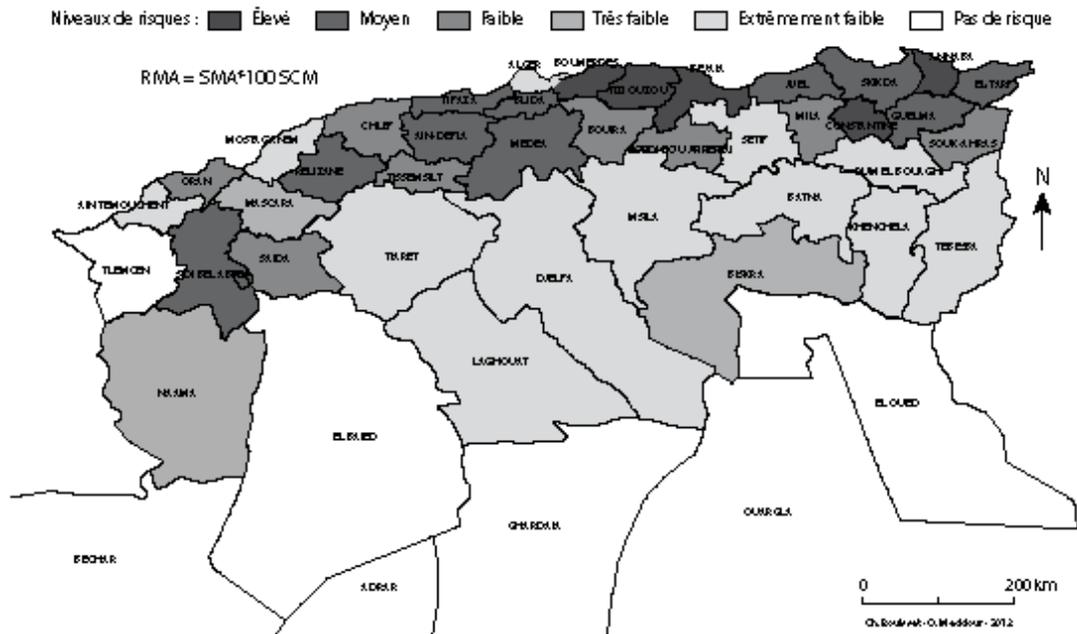


Figure 4 : Risque moyen d'incendie en Algérie.

L'analyse des feux durant la période 1985-2016, au niveau des 40 wilayas de l'Algérie du Nord (la partie la plus boisée) fait ressortir que 42 555 feux qui ont parcouru une superficie forestière totale de plus que 910 640 hectares.

La wilaya de Tlemcen est très touchée par ce phénomène. Elle enregistre sur une période de 16 ans, 402 feux déclarés selon le bilan des incendies de la direction générale des forêts (Annexe 1).

Tableau 2 Quelques exemples de zones touchées par le feu de forêt

Daira	Commune	Forêt	Date et heure de déclaration	Date et heure d'extinction	Superficie incendiée (Ha)
Aïn Tellout	Aïn Tellout	Sidi Salem-El Mchamiche (FD Slissen)	16/08/2015 à 20H15	18/08/2015 à 00H00	100
Sebdou	El Gor	FD Ouargla - Canton Ouled Medjahed	09/07/2016 à 15H30	09/07/2016 à 18H40	53
Sebdou	El Gor	Djebel Sidi AbdellaH	21/07/2016 à 15H30	21/07/2016 à 23H40	118
Honaïne	Honaïne	Ouled Sidi Cheikh	22/07/2016 à 07H45	23/07/2016 à 18H30	83

V. Les moyens de lutte contre les feux de forêts

Les feux de forêts représentent un danger menaçant pour le développement socio-économique, écologique, et des aspects environnementaux d'une communauté. En outre, les incendies de forêt causent de graves déséquilibres écologiques en mettant en danger l'habitat naturel des animaux. Ce qui perturbe la chaîne alimentaire dans une vaste zone qui dépasse la zone brûlée. De plus, l'augmentation de la fréquence et l'intensité des incendies, menacent la végétation repoussant dans les zones déjà brûlées une première fois. Tout cela donne lieu à l'urgente nécessité de détecter les feux de forêts aussi vite que possible, de façon à limiter ces effets.

Les systèmes utilisés pour la détection des incendies de forêt peuvent être divisés en trois groupes en fonction de l'endroit où les capteurs sont déployés : terrestres, aériens, ou des combinaisons.

1. La détection aérienne

La détection aérienne est subdivisée en deux grandes catégories : les systèmes de satellites et véhicules aériens autonomes.

a. Les systèmes satellites

Il existe deux types de satellites qui apparaissent dans le contexte de la détection des incendies de forêt. Ce sont les satellites géostationnaires et les satellites en orbite polaire. Les satellites géostationnaires maintiennent une résolution temporelle plus élevée par rapport aux orbites. C'est la raison pour laquelle les satellites géostationnaires ont un avantage sur les satellites en orbite polaire en détection de feu de forêt active en temps quasi réel. Dans la plupart des cas, les satellites sont utilisés avec une station de base qui collecte les données envoyées par les satellites et effectue l'analyse. L'imagerie satellitaire est utilisée par plusieurs agences pour la détection et le suivi des incendies; tel que le Système canadien d'information sur les incendies de forêt du Service canadien des incendies. L'utilisation des satellites pour la détection et la surveillance des incendies forestiers reste une option dominante. Pourtant, ce système souffre d'un ensemble d'inconvénients:

- Il y a une taille minimale détectable de feu, généralement 0,1 ha. Cela signifie qu'il y a un certain retard à détecter l'incendie, qui est au moins égale à la durée nécessaire pour le feu d'aller au-delà de 0,1 ha.
- La précision du système est à 1 km de l'emplacement réel de l'incendie.

- Généralement fournir des images satellites de la zone suivie tous les 1 à 2 jours. Par conséquent, le feu pourrait passer inaperçue pendant une longue période.
- Les nuages affectent considérablement la température de l'atmosphère de haut car ils peuvent abaisser la température mesurée par le satellite.
- Sélection de l'algorithme de traitement varie de capteurs différents ayant chacun ses limites spécifiques.

b. Véhicules aériens autonomes :

Les hélicoptères munis de caméras infrarouges et visuelles peuvent être utilisés dans la détection des feux. Ils sont appelés "Véhicules aériens autonomes" ou "Véhicules aériens sans pilote (UAV)". Une station de base est nécessaire où les données recueillies sont analysées. La détection d'incendie est lancée dans les missions où une flotte de drones s'embarque pour patrouiller la forêt en question.

Afin de réduire la probabilité de fausses alarmes, ce système repose sur la combinaison des résultats obtenus à partir de l'analyse des images infrarouges et visuelles. Des capteurs de navigation sont installés sur l'UAV pour calculer la position et l'orientation des caméras. Ces positions calculées sont ensuite recueillies afin de localiser l'incendie réel. Ce système souffre de certains inconvénients tels que :

- l'utilisation d'un plus grand nombre de véhicules ou d'un plus long temps de vol par véhicule pour couvrir une grande surface de forêt, ce qui signifie plus de consommation de carburant et donc un coût de fonctionnement plus élevé.
- La surveillance d'une forêt est très difficile lorsque les conditions météorologiques sont défavorables.
- La visibilité est limitée lorsque la fumée est présente.
- L'évaluation des incendies varie considérablement en fonction de la topographie de la forêt.
- Le vol des véhicules aériens sans pilote tout au long de la journée donnera lieu une augmentation de coût.
- La communication radio peut être entravée dans les régions montagneuses.

2. La détection terrestres

Plusieurs systèmes terrestres ont été utilisés. Un des moyens les plus simples était les tours de garde d'incendie où sont installés des personnes dont la charge est de chercher des

incendies au moyen d'appareils spéciaux comme les jumelles, Osborne Fire Finder[04]. Vu le manque de fiabilité des observations humaines d'autres méthodes se sont développées, tel que les systèmes de vidéosurveillance automatique, réseau de capteurs à Fibre Optique, réseau de capteurs sans fil.

a. Les systèmes de vidéosurveillance automatique

Dans ce système, les capteurs sont montés sur des appareils photos au niveau des tours de communication, localisés sur un emplacement avec vue sur une grande partie de la forêt. Ils ont la capacité de balayer un espace circulaire de 10 km² en moins de 8 minutes. Leur précision est largement affectée par les conditions climatiques comme les nuages, réflexion de la lumière, et la fumée provenant des activités industrielles. Les images obtenues par les capteurs sont traitées afin de détecter la fumée. Ceci est rendu possible par l'utilisation d'algorithmes qui prend en considération les conditions atmosphériques. Système de sondage acoustique radio (RASS) fait référence à l'utilisation d'ondes afin d'obtenir la structure de l'atmosphère. L'approche est de former des cartes thermiques des zones forestières pour la détection des incendies potentiels. Il s'appuie sur le fait que les techniques de sondage acoustique radio ont une plus grande sensibilité aux changements de température et à distance peuvent fournir des mesures de température de l'air plus précis. Le processus de mesure de la température en utilisant des ondes sonores acoustiques est mis à disposition par un radar, qui fonctionne en transmettant des impulsions acoustiques dans l'atmosphère et la détection des échos de rétrodiffusion thermique atmosphérique. Cette technique est très efficace et fiable et il est estimé que, sur le plan de l'exactitude, il surpasse toute autre technique de détection d'incendie. Pourtant, il a encore plusieurs inconvénients et difficultés techniques qui sont :

- La stratégie de déploiement de ce système est essentielle pour les performances. Cela est dû au fait que les échos dans les données recueillies sont causés par l'encombrement au sol.
- Il est signalé que la zone de numérisation est d'être limitée à une certaine hauteur qui est juste au-dessus des arbres.
- La performance est sensible à la fréquence correspondant et à la puissance du signal. Les meilleurs résultats sont obtenus lorsque la fréquence et la puissance des signaux

acoustiques sont déterminées, en tenant compte de plusieurs questions telles que la densité de surface forestière et la distance entre le radar et les sources acoustiques.

b. Réseau de capteurs à fibre optique

Le système utilise un réseau de capteurs à fibre optique basé sur les dispositifs "Fiber Bragg Grating" (FBG), des capteurs, des analyseurs de gaz et de l'unité de pilotage optoélectronique pour la grille de capteurs à fibre optique.

Ce système est composé de capteurs de température FBG, un ensemble d'acquisition FBG, des capteurs à fibre optique distribués pour collecter la variation de température sur la fibre, les routes sur lesquelles on pose le câble à travers la forêt et les capteurs de gaz. Le nombre de capteurs et la longueur du câble à fibre optique dépendent de la nature de la forêt.

Les capteurs de température FBG mesurent les valeurs de température en présence d'un incendie. Les capteurs de gaz collectent des échantillons d'air, mesurent le contenu de CH₄ et signalent les résultats à leur unité d'acquisition respective. L'avantage de ce système est que l'effet de la variation de température sur la longueur d'onde de la fibre optique peut être exploité pour générer des capteurs de température ultra-stables. Ce système présente deux inconvénients principaux:

- Les câbles à fibres optiques doivent être installés dans toute la forêt sur un type particulier de route ou de chemin.
- les feux prennent plus de temps à être détecté, en fonction de la hauteur des arbres. puisque les câbles sont posés au niveau du sol.

c. Réseaux de capteurs sans fil

Une technologie de détection de feu de forêt, prometteuse a émergé ces dernières années. Elle est basée sur les réseaux de capteurs sans fil. Des capteurs qui peuvent être placés directement sur les arbres. Ils ont pour rôle de surveiller la température ambiante , d'effectuer certains calculs et de collaborer pour transmettre les données via des liaisons sans fil a un destinataire principale qui se charge de les recueillir.

Nous nous somme intéresser à ce type de technologie dans le cadre de ce travail.

VI. Conclusion

Ce chapitre présente une vue globale du phénomène dévastateur qui est le feu des forêts. Les effets cause et moyens de lutte sont brièvement exposés particulièrement ceux qui font appel aux réseaux de capteurs. Il est alors important de trouver une approche électronique à faible coût pour détecter le déclenchement ou le feu en question. Une solution que nous avons établie et proposée et qui fait l'objet du chapitre suivant.

I. Introduction

Nous avons évoqué dans le chapitre précédent les feux de forêt et la manière de les détecter. Bien que plusieurs approches soient utilisées pour la détection de ce phénomène dévastateur celle basée sur les réseaux de capteur attire notre intérêt. Nous nous intéressons alors à la détection électronique des feux. Nous proposons de réaliser cette détection en usants des rayonnements infrarouge émis par les feux et les fumées qui résultent de la combustion. Deux types de capteurs sont investis dans ce sens les Diodes photo sensibles infrarouge et les détecteurs de Gaz. Dans le présent chapitre nous allons décrire le développement réalisé avec ces deux types de composants ainsi que l'environnement Arduino utilisé.

II. Le module Arduino

Arduino est un projet créé par une équipe de développeurs, composée de six individus : Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti. Cette équipe a créé le "système Arduino". C'est un outil qui va permettre aux débutants, amateurs ou professionnels de créer des systèmes électroniques plus ou moins complexes.

Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique.

1. Les avantages de l'Arduino :

Il existe pourtant dans le commerce, une multitude de plateformes qui permettent de faire la même chose. Notamment les microcontrôleurs « PIC » du fabricant Microchip. Mais l'Arduino a ses avantages :

- **Le prix** : le Kit Arduino coute environ
- **La liberté** : Elle constitue en elle même deux choses : Le logiciel qui est gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris. Et le matériel, les cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet.
- **La compatibilité** : Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement aux autres

outils de programmation du commerce qui ne sont, en général, compatibles qu'avec Windows.

- **La communauté :** La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet. De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site arduino.cc (en anglais) et arduino.cc (en français).

2. Les inconvénients de la carte Arduino

La programmation n'est pas de très grandes précisions, comme la gestion de temps, une instruction à exécuter peut prendre beaucoup de temps par rapport au temps stipulé à son exécution, c'est à dire, une instruction d'un délai d'exécution de 4 μ s avec un AVR, peut prendre un délai de 80 μ s en utilisant une Arduino. Généralement, la gestion de temps au sein des cartes Arduino se fait en "ms" et rarement avec des " μ s".

3. Les types de carte Arduino

La carte Arduino est une carte électronique équipée d'un microcontrôleur de type AVR (c'est le nom donné par Atmel pour les microcontrôleurs d'architecture Harvard "AV" des RISC "R" : un RISC = un microcontrôleur, de 8bits = le bus et le processeur à l'intérieur du μ contrôleur est de 8bits). Comme les PIC chez MicroChip, l'AVR n'est pas d'open source mais l'Arduino, c'est-à-dire, le circuit électronique est open source, en effet chacun peut faire sa propre Arduino et son propre design.

Des cartes Arduino il en existe beaucoup, vu une centaine toutes différentes. Dans notre projet nous avons utilisé deux types la carte Arduino UNO et la carte Arduino Mega.

a. La carte Arduino UNO

Le modèle UNO (Voir figure 1) de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est un microcontrôleur de la famille AVR dont la programmation est réalisée en langage C. Cette carte sera utilisée comme un microcontrôleur de base pour notre station de base. [05]

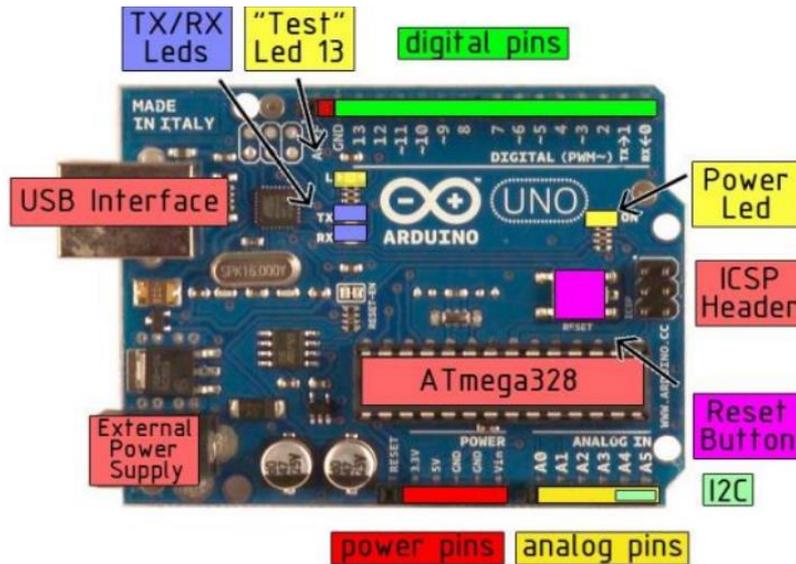


Figure 1 La carte Arduino Uno.

Cette dernière se caractérise par :

- Micro contrôleur : ATmega328
- Tension d'alimentation interne = 5V
- Tension d'alimentation (recommandée)= 7 à 12V, limites =6 à 20 V
- Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM
- Entrées analogiques = 6 (avec une résolution de 10 bits => 1024 valeurs différentes)
- Courant max par broches E/S = 40 mA
- Courant max sur sortie 3,3V = 50mA
- Mémoire Flash 32 KB dont 0.5 KB utilisée par le bootloader
- Mémoire SRAM 2 KB
- Mémoire EEPROM 1 KB
- Fréquence horloge = 16 MHz
- Dimensions = 68.6mm x 53.3mm

b. la carte Mega

La carte Arduino Mega (voir Figure 2) est une autre carte qui offre toutes les fonctionnalités des précédentes, mais avec des options en plus. On retrouve un nombre d'entrées et de sorties plus importantes ainsi que plusieurs liaisons séries.

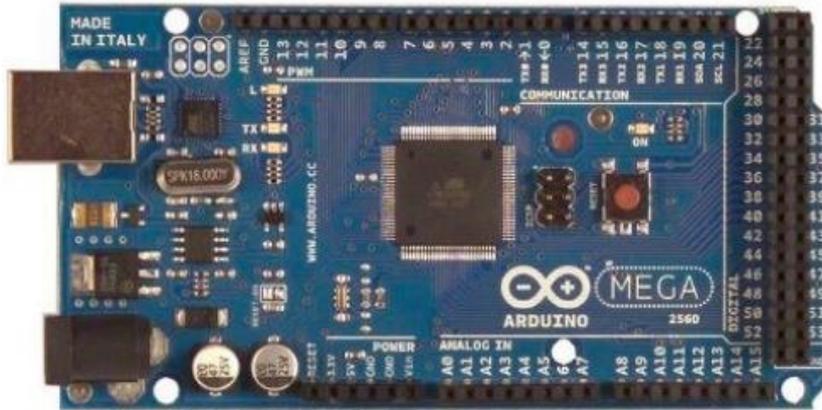


Figure 2 La carte Arduino Méga.

III. Le module Infrarouge

Un capteur infrarouge permet de détecter un mouvement dans son champ de vision en se basant sur l'infrarouge. On parle aussi de capteur pyroélectrique ou PIR. Le PIR sont capable de détecter une variation des ondes infrarouges, ce qui génère un courant électrique. Dans le cas de notre capteur, il est en fait divisé en deux parties différentes reliées ensemble afin de détecter une variation lors qu'une des moitiés capte plus qu'une autre. On a ainsi un relevé d'une différence, et non plus d'une valeur simple.

1. Un point sur l'infrarouge :

L'infrarouge est une onde électromagnétique de fréquence inférieure à celle de la lumière rouge elle est comprise entre 780 nm et 1 000 000 nm. L'infrarouge est subdivisé en infrarouges proches de 0,78 micromètres à 1,4 micromètre, infrarouges moyens de 1,4 à 3 micromètres et infrarouges lointains de 3 micromètres à 1000 micromètres.

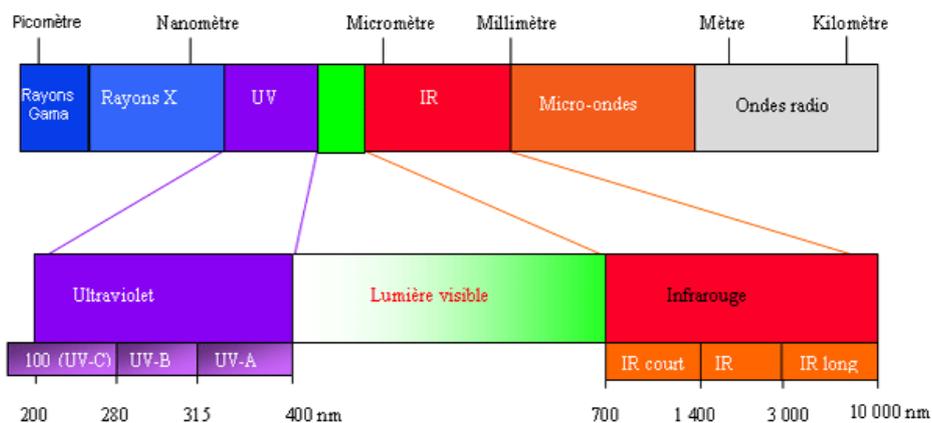


Figure 3 Spectre électromagnétique.

2. Branchement du module infrarouge :

Le branchement se fait comme suit (Figure 3) :

- Une à connecter au ground GND.
- Une à connecter au +5V ;
- Une à connecter à un pin numérique en mode input (nous avons choisi le PIN 2).

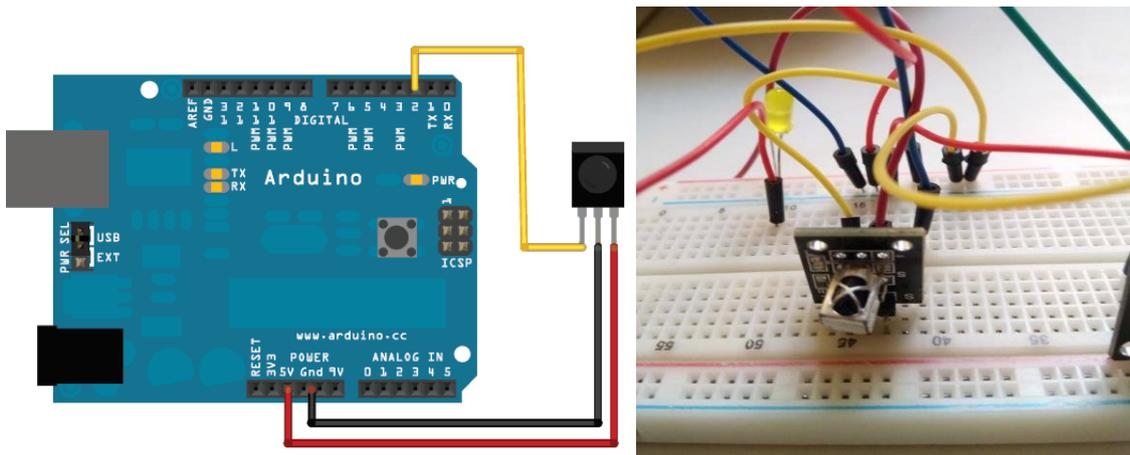


Figure 4 Branchement du module IR.

Les détecteurs IR ont un démodulateur à l'intérieur qui recherche IR modulé à 38 KHz. Il faut que la lumière clignote dans une certaine fréquence pour qu'ils réagissent qui est de 38 kHz.

De manière générale, une diode est un dipôle électrique non symétrique : elle ne laisse passer le courant que dans un seul sens et à partir d'une certaine tension appliquée à ses bornes (tension dite "de seuil"). Son sens de branchement est donc très important

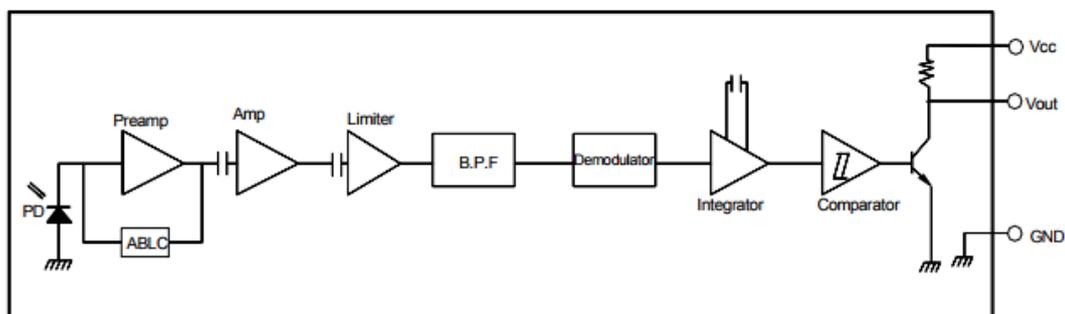


Figure 5 Block diagram.

⇒ densité de courant - caractéristique de tension d'une jonction PN :

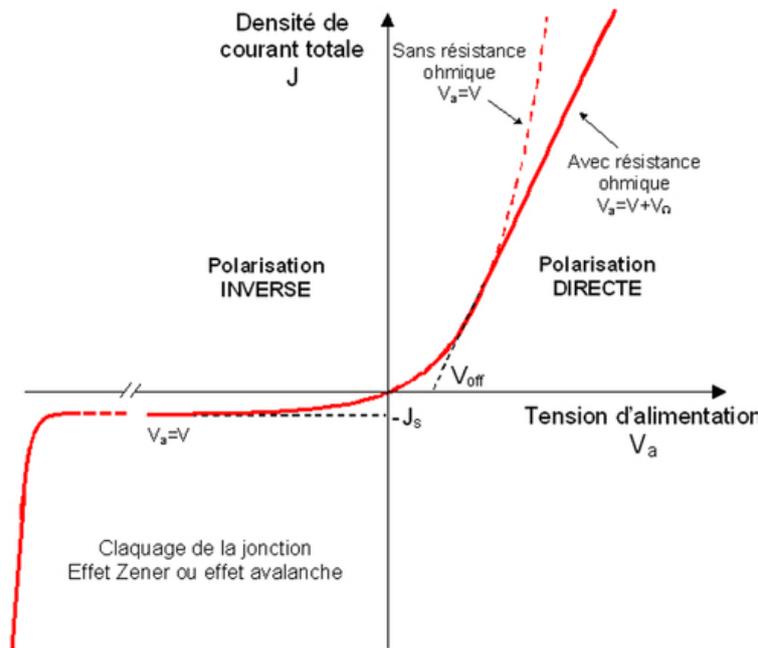


Figure 6 Densités de courant - caractéristique de tension d'une jonction.

⇒ **Photodiode :**

La lumière infrarouge est invisible pour l'oeil humain. En revanche, nous savons l'émettre et la capter. La photodiode infrarouge va réagir à la lumière infrarouge en produisant un signal électrique que l'Arduino va pouvoir récupérer. Une photodiode est un composant semi-conducteur ayant la capacité de détecter un rayonnement du domaine optique et de le transformer en signal électrique

⇒ **La différence entre photodiode et récepteur infrarouge :**

La différence entre la photodiode et le récepteur infrarouge est importante. En effet, non seulement ce dernier est de type tout-ou-rien, mais en plus il ne fonctionne que s'il reçoit la lumière infrarouge sous forme de signal (état haut, état bas) cadencé à 38KHz environ (soit toutes les 26 millisecondes environ).

3. L'algorithme de l'infrarouge :

la librairie utilisée pour cet algorithme est IRremote, Cette dernière permet d'émettre et de recevoir via l'infrarouge; elle permet de gérer les protocoles NEC, Sony, Philips RC5/RC6 et le traitement de données brutes.

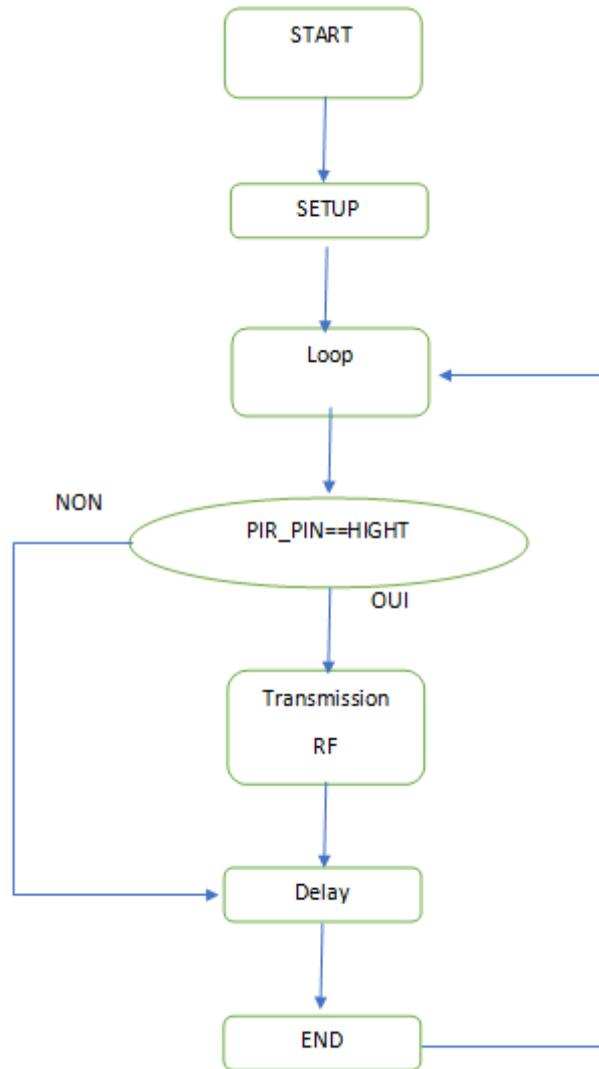


Figure 7 L'algorithme de l'infrarouge.

IV. Le détecteur de gaz MQ-7

Il effectue la détection par méthode de cycle à haute et basse température, et détecte le CO à basse température (chauffé par 1,5 V). La conductivité du capteur est plus élevée avec la hausse de la concentration de gaz. Lorsque la température est élevée (chauffée par 5.0V), elle nettoie les autres gaz adsorbés à basse température

Le MQ-7 est un capteur qui permet de détecter du gaz ou de fumée à des concentrations de 100 ppm à 10000 ppm. Après calibration, le MQ-7 peut détecter. Il est conçu pour un usage intérieur à température ambiante. Il dispose d'une sortie analogique et d'un réglage de la sensibilité par potentiomètre. Nous avons procuré le MQ2 à 1200 DA.

1. branchement du détecteur de fumé

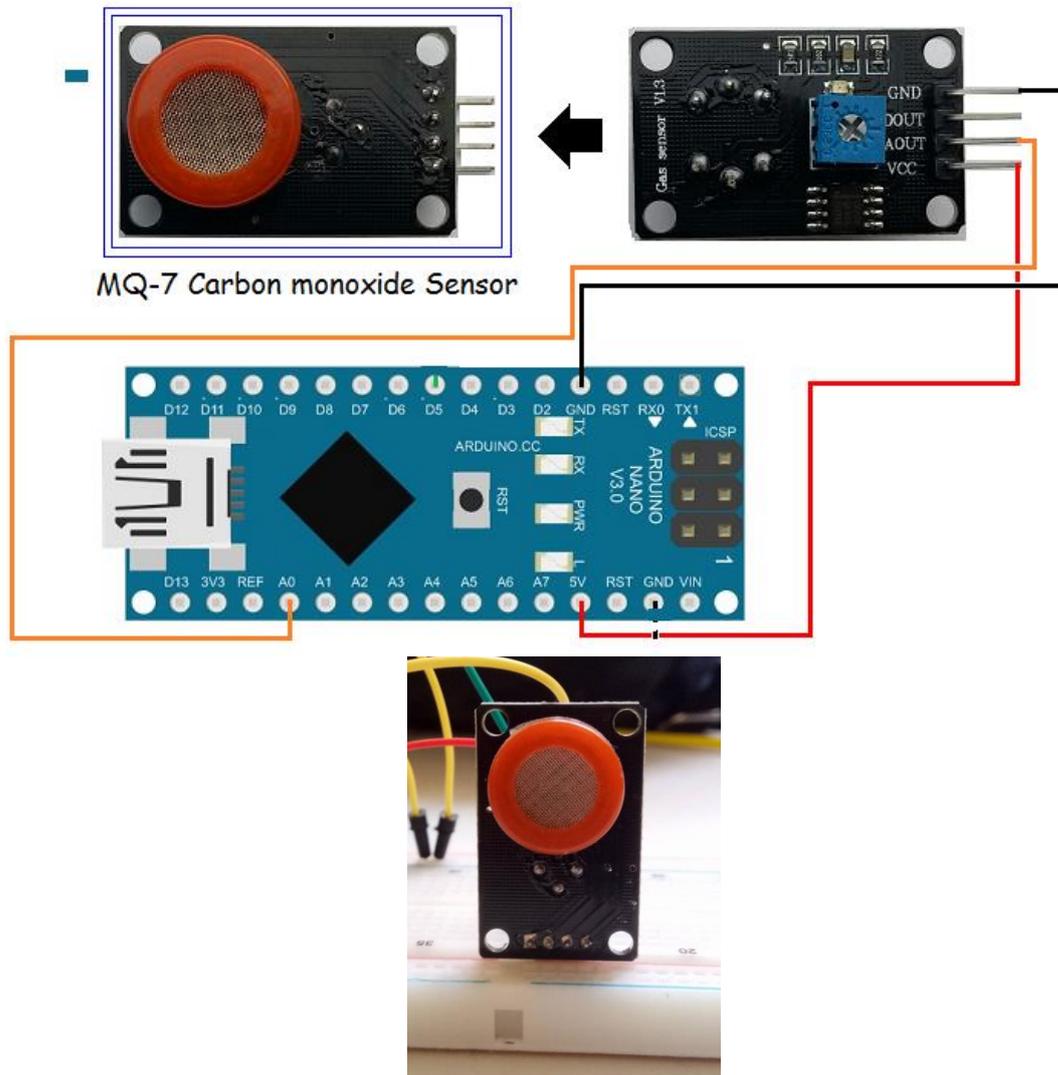


Figure 8 Branchement de module détecteur de Gaz.

Caractéristiques :

- Alimentation: 5V
- Type d'interface: analogique
- Pin Définition: 1 sortie 2-GND 3-VCC
- Haute sensibilité au monoxyde de carbone
- Une réponse rapide
- Stable et longue vie
- Taille: 40x20mm
- Courant de travail: 140mA
- Résistance au chauffage: $31\Omega \pm 3\Omega$

- Le circuit Tension: 10V (maxi DC 15V)
- La plage de concentration de détection: 10-10000 ppm
- Sensibilité: R dans l'air / R dans le gaz typique ≥ 5
- Poids: 6g

2. L'algorithme de l'auto-calibration :

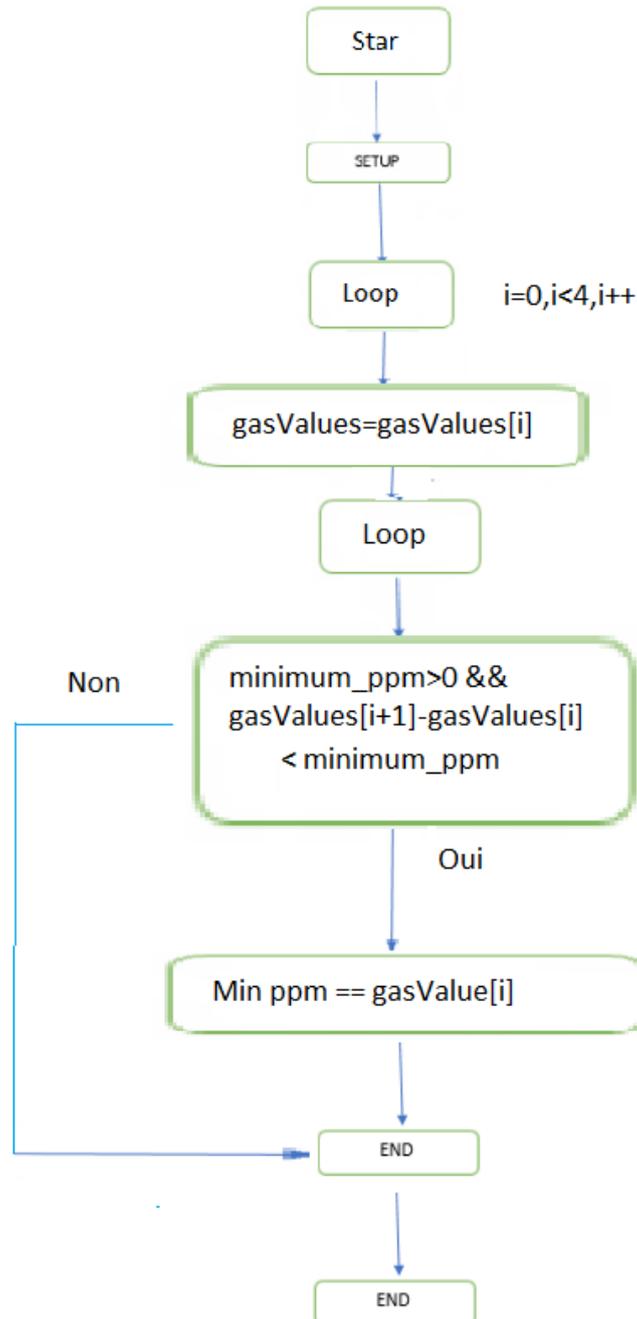


Figure 9 Algorithme de l'auto-calibration.

Dès le lancement de notre capteur, il y a une boucle qui fait le prélèvement chaque seconde (le temps de cinq secondes) et l'enregistre dans un tableau de valeurs par la suite il y a une

boucle qui calcule le Dg (c-v-d delta gas) pour voir la différence entre les deux valeurs qui se suit et donc la valeur minimale sera prise comme référence.

3. L'algorithme de détecteur de Gaz :

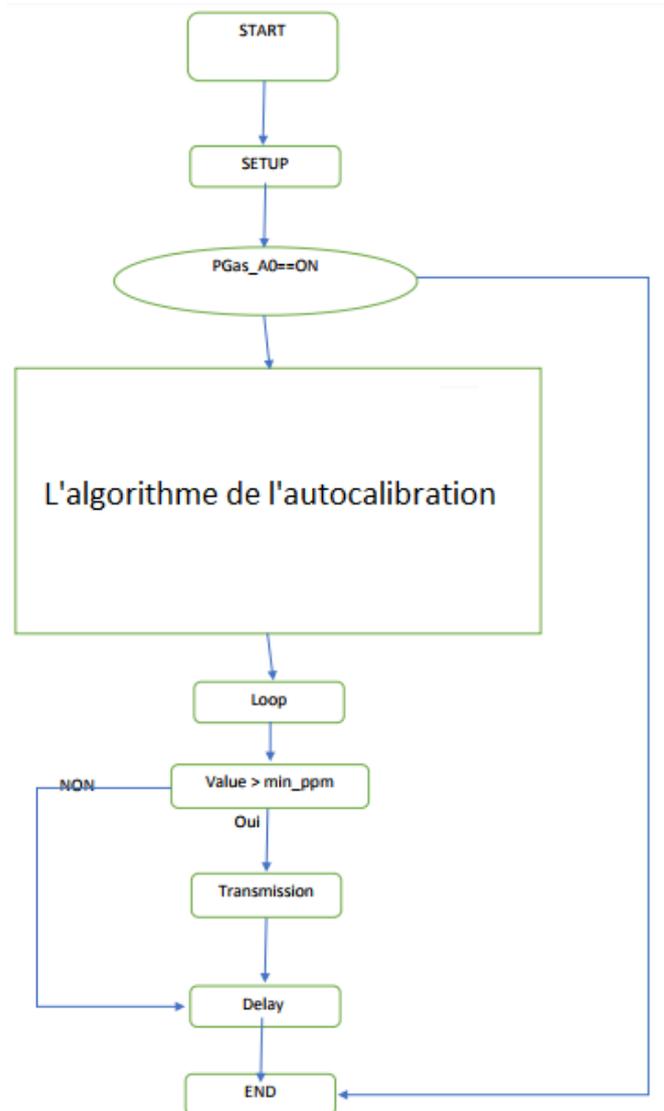


Figure 10 Algorithme de détecteur de Gaz.

V. conclusion

Une fois la carte de détection réalisée et tester. Cette dernière combine deux phénomènes liés aux feux de forêts : le rayonnement infrarouge créé par les flammes et les fumées intenses produites. Pour la supervision d'un périmètre forestier il est impératif de cloner la carte de détection développée en plusieurs copies et déployer ces derniers sous la forme d'un réseau de capteurs sans fils. Une solution que nous avons créée et qui fait l'objet du prochain chapitre.

I. Introduction

Une fois le problème de détection des feux résolu nous sommes actuellement confrontés à un autre type de problème celui de la supervision. En effet les capteurs doivent être répartis sur une large zone géographique. La solution envisagée est celle des réseaux de capteurs sans fils. En effet, les cartes de détection sont considérées comme des nœuds du réseau de capteurs qui permettent de mesurer en permanence les paramètres et de lancer une alerte en cas d'incendie, Le fonctionnement des réseaux de capteurs sans fils et la manière avec laquelle on a implémenté ce dernier font l'objet du présent chapitre.

II. Le réseau de capteur

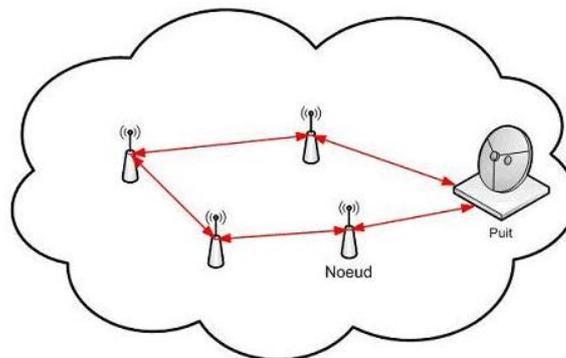


Figure 1 Réseau de Capteur Sans fil.

Un Réseau de Capteurs Sans Fil (RCSF) est un ensemble de nœuds, variant de quelques dizaines d'éléments à plusieurs milliers, communiquant sans fil et capables de récolter et transmettre des données environnementales et de réagir en cas de besoin.

Un RCSF est caractérisé par ses composants, son architecture, sa pile protocolaire et ses facteurs de conception.

Un réseau de capteurs sans fil se compose de trois éléments principaux : Les nœuds-capteurs, les passerelles et les logiciels.

- les nœuds-capteurs sont des unités d'acquisition, de traitement, et de transmission de données.
- Les passerelles sont des nœuds de collecte, appelé aussi station de base, ils permettent la récupération des données et l'interconnexion avec d'autres réseaux.
- Les logiciels sont des nœuds gestionnaires de tâches, qui permettent l'interfaçage et la présentation des données, envoyées par les passerelles, pour l'utilisateur.

Les réseaux de capteurs sans fil présentent un intérêt considérable et une nouvelle étape dans l'évolution des technologies de l'information et de la communication. Cette nouvelle technologie suscite un intérêt croissant vu la diversité de ces applications. [06]

III. les nœuds ou capteurs du réseau

Dans ce cas le capteur ou nœud est un dispositif ayant pour tâche de transformer une mesure physique observée en une mesure généralement électrique qui sera à son tour traduite en une donnée binaire exploitable et compréhensible par un système d'information. Parmi les différents types de mesures enregistrées par les capteurs, on peut citer entre autres : la température, l'humidité, la luminosité, l'accélération, la distance, les mouvements, la position, la pression, la présence d'un gaz, la vision (capture d'image), le son, etc... La notion de capteur s'est évoluée avec le temps puisque leur domaine d'application s'est élargi. Les premiers capteurs n'étaient dédiés qu'à un unique type de mesure, les capteurs contemporains sont la combinaison de plusieurs dispositifs capables de mesurer différentes grandeurs physiques. En outre, à ces possibilités de mesures multiples, les capteurs actuels ont vu se gérer des fonctionnalités qui leur permettent, en plus de l'enregistrement et de la détection d'événements mesurables, le traitement de ces données et leur communication vers un autre dispositif. On parle alors de capteur intelligent, capable à la fois de mesurer des données et de les communiquer avec d'autres capteurs au sein d'un réseau, tel qu'il est caractérisé par sa capacité à effectuer une collecte des mesures, les traiter et à les communiquer au monde extérieur [04]

IV. Le module NRF24L01 :

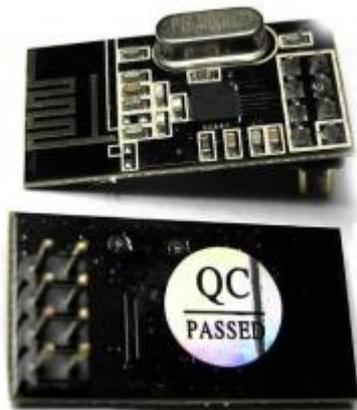


Figure 2 Le module NRF24L01.

1. Caractéristiques de NRF24L01

Les caractéristiques du nRF24L01 comprennent:

- Radio

- ⇒ Worldwide 2.4GHz ISM band operation
- ⇒ 126 canaux RF
- ⇒ broches communes RX et TX
- ⇒ Modulation X GFSK
- ⇒ 1 et 2Mbps de débit d'air
- ⇒ 1 MHz sans chevauchement entre les canaux à 1Mbps
- ⇒ 2MHz non-chevauchement de l'espacement des canaux à 2Mbps

- Transmetteur

- ⇒ Puissance de sortie programmable: 0, -6, -12 ou -18dBm
- ⇒ 11.3mA à la puissance de sortie 0dBm

- Récepteur

- ⇒ Filtres de canal intégrés
- ⇒ 12.3mA à 2Mbps
- ⇒ Sensibilité -82dBm à 2Mbps
- ⇒ Sensibilité de X -85dBm à 1Mbps
- ⇒ gain programmable de LNA

- Synthétiseur RF

- ⇒ Synthétiseur entièrement intégré
- ⇒ Pas de filaire externe, VCO varactor diode ou résonateur
- ⇒ Accepte un cristal à faible coût $\pm 60\text{ppm}$ 16MHz

- Enhanced ShockBurst

- ⇒ 1 à 32 octets longueur de charge utile dynamique
- ⇒ Traitement automatique des paquets
- ⇒ Traitement automatique des transactions par paquets
- ⇒ 6 tuyau de données MultiCeiver™ pour les réseaux 1: 6 étoiles

- Gestion de l'alimentation

- ⇒ Régulateur de tension intégré
- ⇒ Gamme d'alimentation de 1,9 à 3,6 V
- ⇒ Modes de veille avec des temps de démarrage rapides pour une gestion avancée de l'alimentation

- ⇒ 22uA Mode veille-I, 900nA mode de mise hors tension
- ⇒ Max 1.5ms démarrage du mode de mise hors tension
- ⇒ Max 130us démarrage en mode veille-I

- Interface hôte

- ⇒ matériel SPI à 4 broches
- ⇒ Max 8Mbps
- ⇒ 3 FIFO séparés de 32 octets TX et RX

- Entrées tolérantes 5V

- Paquet compact QFN à 4 broches 20 broches à 20 broches

2. Définitions des pins de NRF24L01

Tableau 1 la fonction et la définition de chaque Pin dans le NRF24L01

Pin	Nom	Fonction	Description
01	CE	Digital Input	Chip Enable : il active le mode RX/TX, c.à.d. le module soit en mode d'envoi ou en mode d'écoute.
02	CSN	Digital Input	Chip Select Non : il active la réponse aux commandes SPI (Serial Peripheral Interface).
03	SCK	Digital Input	L'horloge de l'interface SPI (jusqu'à 10MHz).
04	MOSI	Digital Input	Master-Out-Slave-In : utilisé pour transférer les données du module vers le microcontrôleur.
05	MISO	Digital Output	Master-In-Slave-Out : utilisé pour transférer les données du microcontrôleur vers le module.
06	IRQ	Digital Output	Interrupt Request pin : alerte si le paquet est envoyé ou reçu
07	VDD	Power	Alimentation +3V (DC)
08	VSS	Power	Ground (0V)
09	XC2	Analog Output	Pin 2 du Quartz
10	XC1	Analog Input	Pin 1 du Quartz
11	VDD_PA	Power Output	Alimentation +1.8V vers l'alimentation de l'amplificateur
12	ANT1	Rf	Pin de l'antenne 1

13	ANT2	Rf	Pin de l'antenne 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Alimentation +3V (DC)
16	IREF	Analog Input	Courant de référence
17	VSSVSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Alimentation +3V (DC)
19	DVDD	Power Output	Alimentation de référence
20	VSS	Power	Ground (0V)

N.B : pour notre cas on s'intéresse aux huit premiers PIN, les autres PIN sont reliés par défaut.

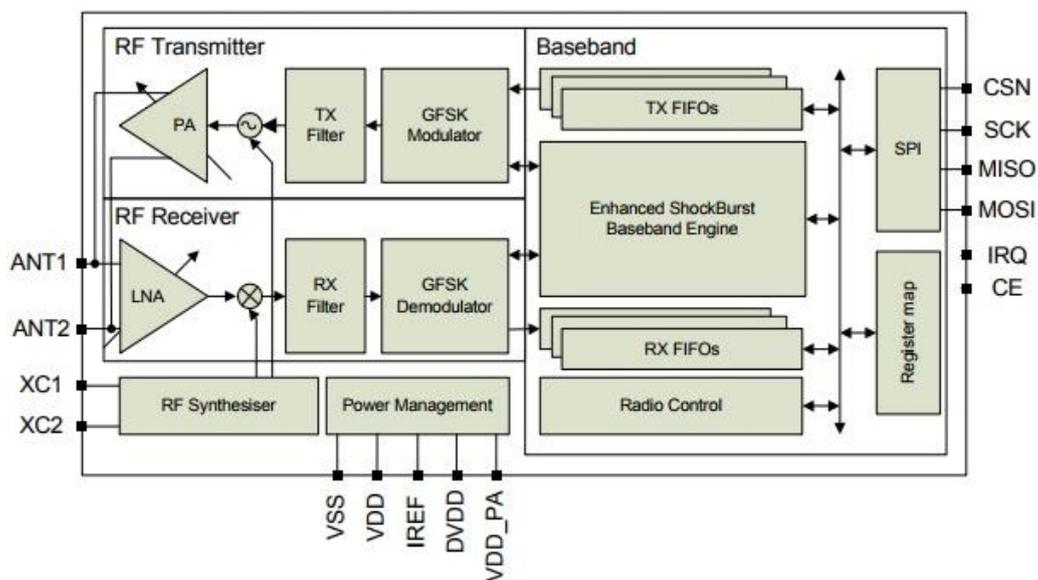


Figure 3 Schéma bloc nRF24L01

3. Fréquence des chaînes RF

La fréquence du canal RF détermine le centre du canal utilisé par le nRF24L01. La chaîne occupe une bande passante de 1MHz à 1Mbps et 2MHz à 2Mbps. nRF24L01 peut fonctionner sur des fréquences de 2,400 GHz à 2,525 GHz. La résolution du réglage de la fréquence du canal RF est de 1MHz. À 2Mbps, le canal occupe une largeur de bande plus large que la résolution du réglage de la fréquence du canal RF. Pour assurer des canaux non chevauchés en mode 2Mbps, l'espacement des canaux doit être de 2MHz ou plus. À 1 Mbps, la bande passante du canal est identique à la résolution du réglage de fréquence RF. La fréquence du canal RF est définie par le registre RF_CH selon la formule suivante:

$$F_0 = 2400 + RF_CH \text{ [MHz]}$$

Un émetteur et un récepteur doivent être programmés avec la même fréquence de canal RF pour pouvoir communiquer l'un avec l'autre.

4. Enhanced ShockBurst

ShockBurst amélioré est une couche de liaison de données basée sur un paquet. Il comporte l'assemblage automatique des paquets et la synchronisation, reconnaissance automatique et ré-transmissions de paquets. ShockBurst amélioré permet la mise en œuvre d'une communication à très faible puissance et haute performance avec des microcontrôleurs hôtes à faible coût.

Les fonctionnalités permettent des améliorations significatives de l'efficacité énergétique pour les systèmes bidirectionnels et unidirectionnels, sans ajouter de complexité sur le côté du contrôleur hôte. Les principales fonctionnalités d'Enhanced ShockBurst sont:

- Longueur de charge utile dynamique de 1 à 32 octets
- Traitement automatique des paquets
- Traitement automatique des transactions par paquets
 - ⇒ Confirmation automatique
 - ⇒ retransmission automatique
- 6 tuyaux de données MultiCeiver pour les réseaux 1: 6 étoiles

a. Format de paquet Shockburst améliorée

Le paquet contient un champ de préambule, un champ d'adresse, un champ de contrôle de paquets, un champ de charge utile et un champ CRC.

La Figure montre le format de paquet avec MSB vers la gauche.



Figure 4 Format de paquet de Shockburst.

b. Multiceiver

Multiceiver est une fonction utilisée en mode RX qui contient un ensemble de 6 douilles de données parallèles avec des adresses uniques.

Un canal de données est un canal logique dans la voie RF physique. Chaque canal de données possède sa propre adresse physique décodage dans le nRF24L01.

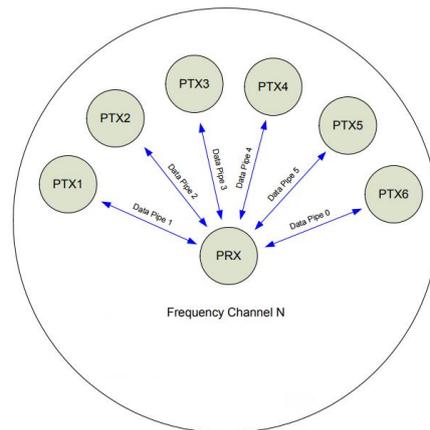


Figure 5 PRX utilisant multiceiver

5. Branchement du NRF24L01

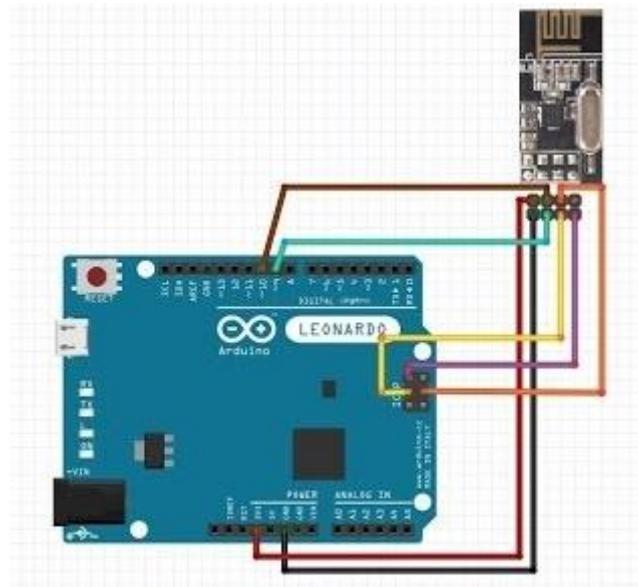


Figure 6 Branchement de NRF24L01.

V . L'algorithme du nœud de détection :

La puce peut travailler sur 126 canaux de communication. En mode récepteur elle peut écouter sur 6 canaux simultanément. Dans ce cas, chaque canal est associé à une adresse. En cas de réception d'un paquet pour cette adresse, la puce gère le protocole en envoyant un ACK en retour puis en désassemblant le paquet pour ne garder que son contenu utile les données transmises dans une file d'attente (FIFO) spécifique pour chaque canal d'écoute. Cette dernière peut être lue par le microcontrôleur associé à l'aide de la liaison série SPI. La taille des données transmises ne peut pas excéder 32 octets par paquet.

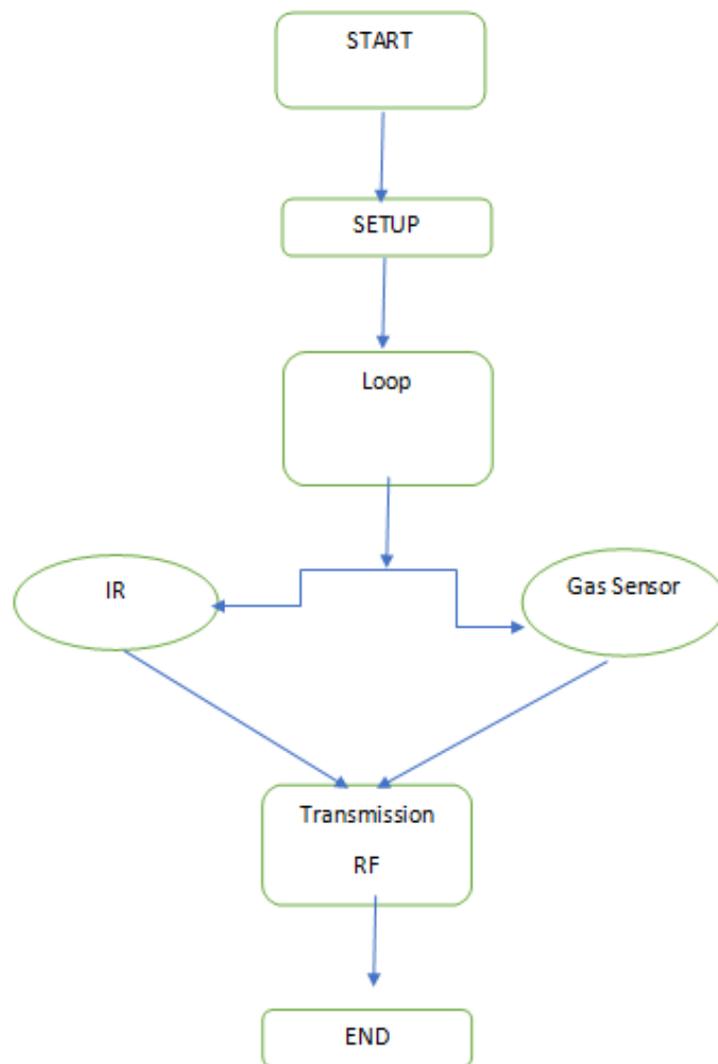


Figure 7 Faire communiquer deux Arduinos

La connexion de la carte Arduino ne pose aucun souci particulier, il faut connecter les deux Arduinos aux cartes RF et uploader le sketch (le même) sur chacun d'eux. Le nRF24L01 est configuré et utilisé via une Interface Périphérique Série. Grâce à cette interface, la carte de registre est disponible. La carte de registre contient tous les registres de configuration dans le nRF24L01 et est accessible dans tous les modes de fonctionnement de la puce. L'interface frontale radio utilise la modulation GFSK. Il comporte des paramètres configurables par l'utilisateur comme le canal de fréquence, la puissance de sortie et le débit de données. Le débit de données pris en charge par le nRF24L01 est configurable à 2Mbps.

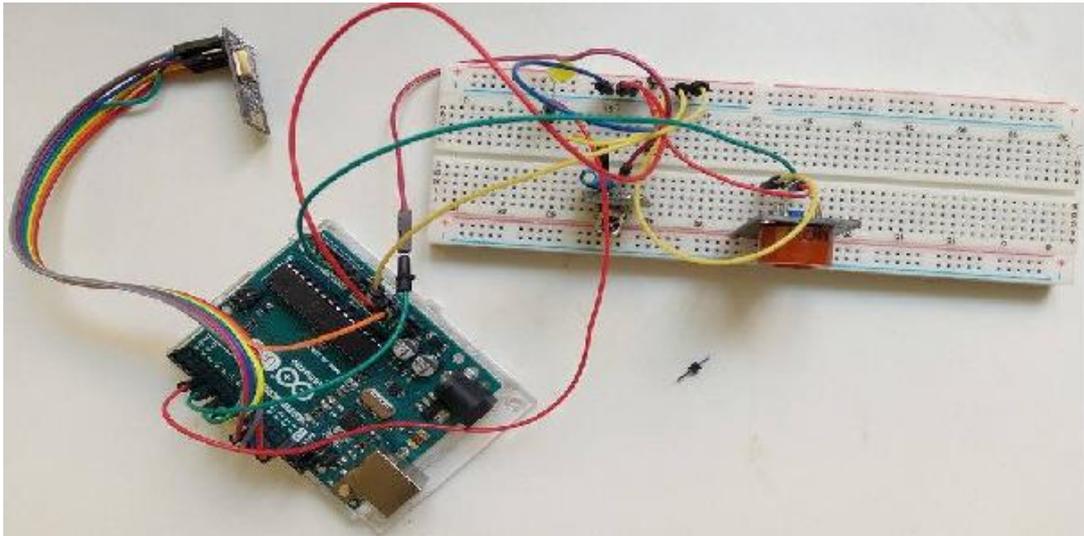


Figure 10 Le nœud de notre réseau.

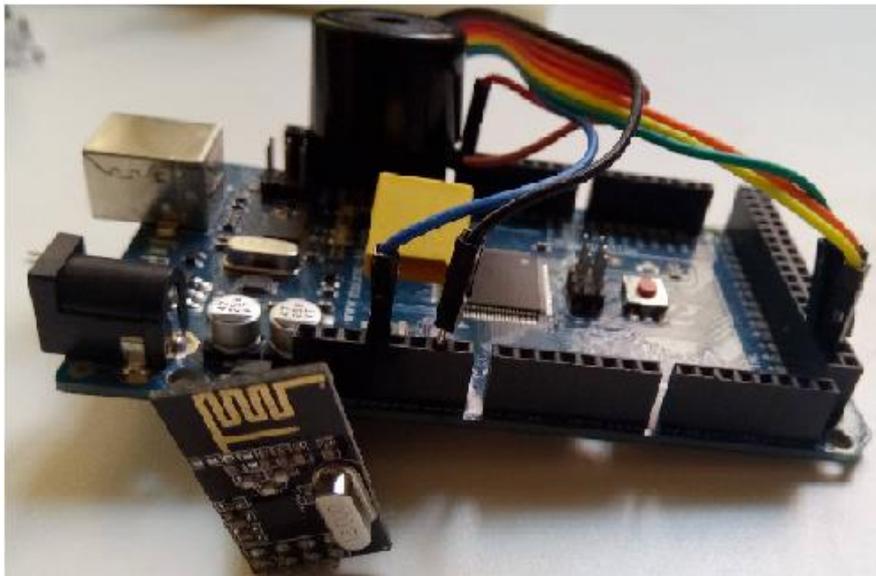


Figure 11 Le puit de notre réseau.

VI . Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué comment notre réseau de capteur est implémenté avec des modules NRF24L01. La solution déployée montre que la détection se fait de manière fiable à faible distances. Un handicap qui doit être surmonté et qui nécessite l'utilisation d'émetteur récepteurs plus performants. Notre solution reste une solution relativement pas chère moins de 5000Da pour chaque nœud. Nous avons également assuré un déploiement simple du réseau.

Conclusion générale

L'objectif atteint dans ce mémoire consiste en une contribution et un développement d'un réseau de capteur sans fil permettant la détection des feux de forêt le plus rapidement possible et à faible coût. Les deux phénomènes physiques exploités dans ce cadre sont : le rayonnement d'infrarouge créé par les flammes et les fumées intenses produites, sachant que le feu des forêts représente un phénomène dévastateur.

L'approche électronique représente un champ d'application extrêmement large, que nous avons envisagé et abordé dans ce travail. En effet, afin de superviser un périmètre forestier, il est impératif de cloner la carte de détection développée en plusieurs copies et déployer ces derniers sous la forme d'un réseau de capteurs sans fils.

Dans ce travail, nous avons choisi comme matériel le module NRF24I01 et nous avons utilisé la carte Arduino UNO et MEGA , qui sont des composants miniaturisés bien adaptés au nœud d'un RCSF.

La solution déployée montre que la détection se fait de manière fiable à faible distances. Un handicap qui doit être surmonté et qui nécessite l'utilisation d'émetteur récepteurs plus performants. Notre solution reste une solution relativement pas chère qui coute moins de 5000Da pour chaque nœud. Nous avons également assuré un déploiement simple du réseau.

Résumé

Les feux de forêt sont des incidents qui perturbent la vie des citoyens ; fermeture des routes, perturbation des pouvoirs publics... Des feux souvent détectés qu'après avoir proliféré sur une grande surface. L'objectif de ce projet vise la création d'un réseau de capteurs dédiés à signaler les feux de forêt dès leur première apparition. La technologie à mettre en œuvre fait appel aux outils Arduino combinés avec des modules émetteurs récepteurs Radio Fréquence et capteurs de détection des feux. Les Alertes récoltées sont envoyées en exploitant un des réseaux mobiles disponibles. Il est aussi demandé de proposer une approche pour signaler l'ampleur du feu avec sa prolifération.

Mots clés : Réseau de capteurs, Arduino, GSM, Détection de feu.

Abstract

Forest fires are incidents that disrupt citizens' lives: roads closure, public services disruption... Fires often detected only after proliferating over a large area. The objective of this project is to propose a sensors network used to signal forest fires as soon as possible at the beginning. The technology to use involves Arduino tools combined with RF transmitter modules as well as fire detection sensors. The fire detection part is proposed based on simple infrared LEDs arrays to reduce the cost and enhance the detection sensibility. Alerts are sent by operating one of the available mobile networks. It's also asked, to propose to signal the fire proliferation.

Keywords: Sensor array, Arduino, GSM, Fire detection.

ملخص

حرائق الغابات هي حوادث تعطل حياة المواطنين. وإغلاق الطرق، وتعطيل السلطة العامة ... لم يتم الكشف عن الحرائق في كثير من الأحيان إلا بعد انتشارها على مساحة كبيرة. والهدف من هذا المشروع هو إنشاء شبكة من أجهزة الاستشعار المخصصة للإشارة إلى حرائق الغابات بمجرد ظهورها لأول مرة. التكنولوجيا التي سيتم تنفيذها تستخدم أدوات اردوينو جنباً إلى جنب مع وحدات استقبال الترددات الراديوية وأجهزة استشعار الكشف عن الحرائق. يتم إرسال التنبيهات عن طريق تشغيل أحد شبكات الجوال المتاحة. ويطلب أيضاً أن يقترح نهجاً للإشارة إلى مدى الحريق مع انتشاره

كلمات البحث

الكشف عن الحريق. GSM مجموعة أجهزة الاستشعار، اردوينو