

Chapitre4 : Les réseaux sans fils pour l'IOT

Les réseaux sans fils déployés pour la communication entre les capteurs et les objets internet sont caractérisés par un faible débit et surtout une faible consommation du courant (Low Power /Low Rate). Ceci permet de déployer les capteurs IOT dans des environnements hostiles et non accessibles à l'être humain. En effet 2batteries Alcaline ou 2 batteries bouton peuvent alimenter des capteurs IOT pendant des années (selon la cadence d'envoi des données).

Généralement Les réseaux sans fils pour l'IOT ont une portée de quelques dizaines de mètres (infra-rouge, Bluetooth, Zigbee, RF, ...) et au maximum ça ne dépasse pas 500 mètres comme la version améliorée NRF ou la 5^{ème} génération du réseau Bluetooth.

Des travaux de recherche récents ont permis de créer de nouveaux réseaux pour l'IOT avec une portée qui peut atteindre une dizaine de Km à savoir le réseau sans fil LORA. D'autres variantes de ces réseaux LP/LR peuvent être gérées par des opérateurs télécom et permettent aux capteurs IOT de se connecter directement à Internet sans faire du multi-saut, à savoir le réseau LORA WAN et SIGFOX. Ceci a permis de couvrir tout un environnement urbain avec ce type de réseaux. Des travaux très récents visent à étendre l'usage de ces réseaux LP/LR à un environnement rural, plus vaste. Voici un aperçu sur des réseaux LP/LR :

Bluetooth : Bluetooth est une norme de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à courte distance en utilisant des ondes radio UHF sur la bande de fréquence de 2,4 GHz. Son but est de simplifier les connexions entre les appareils électroniques à proximité en supprimant des liaisons filaires.

Bluetooth Module Bluetooth HC-06



Zigbee : ZigBee est un protocole de haut niveau permettant la communication d'équipements personnels ou domestiques équipés de petits émetteurs radios à faible consommation ; il est basé sur la norme IEEE 802.15.4 pour les réseaux à dimension locale et personnelle.



module Zigbee pour Arduino

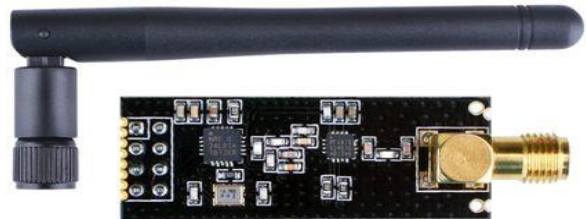
RF : Les modules RF utilisent la bande de fréquence 433 Mhz, bon marché et faciles à utiliser pour tous les projets sans fil. Ces modules sont unidirectionnels ce qui signifie que le module de réception n'envoie rien au module de transmission, donc ne pouvez envoyer des données que du point A vers B et non de B vers A.

Module RF 433 Mhz récepteur et émetteur avec antenne pour Arduino



nRF24L01+pa+lna : Les modules nRF24L01+pa+lna sont des émetteurs/récepteurs qui utilisent la bande de fréquence 2.4 Ghz. La vitesse de fonctionnement maximale est de 2 Mbps avec une faible consommation électrique. Ces modules sont bidirectionnels donc pouvez envoyer des données que du point A vers B et de B vers A avec une portée théorique jusqu'à 900 mètres .

Module nRF24L01+PA+LNA 2.4Ghz



Lora (Long Range): La technologie de modulation des ondes radios qui a permis de développer LoRa a été créée par des ingénieurs français de la start-up grenobloise Cycleo. L'entreprise, fondée en 2009, a été rachetée en 2012 pour 21 millions de dollars par le spécialiste américain des semi-conducteurs Semtech. Le réseau LoRaWAN est né de cette acquisition. Cette technologie de modulation de fréquence ne peut faire circuler que de petits paquets de données, émis par des capteurs de température ou d'humidité par exemple. Elle peut faire transiter entre 0,3 et 50 kilobits par seconde (le débit du réseau s'adapte à chaque objet pour ne pas grignoter trop de bande passante).



Module SX1278 LoRa 433MHz 10KM Ra-02 à 16 broches



Module LoRa 100mW longue portée 433 Mhz ou 868 Mhz EBYTE E32

LoraWAN : c'est un protocole de télécommunication permettant la communication à bas débit, par radio, d'objets à faible consommation électrique communiquant selon la technologie LoRa et connectés à l'Internet via des passerelles. LoRaWAN est l'acronyme de Long Range Wide-area network que l'on peut traduire par « réseau étendu à longue portée ». Voici les 3 caractéristiques principale de LoraWAN.



Low Power



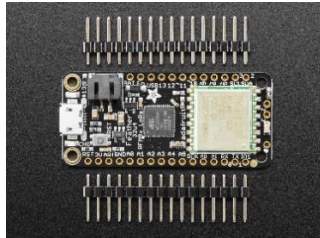
Low Bandwidth



Long Range

Exemple de site LoraWAN : <https://www.thethingsnetwork.org/>

Equipements permettant de se connecter à des Gateway de type IOT-LoRaWAN



Adafruit Feather 32u4 RFM95 LoRa 868 Mhz



Dragino Lora 868 Mhz

sigFox : Sigfox est un opérateur de télécommunications français créé en 2009 implanté à Labège, commune de la banlieue toulousaine. C'est un opérateur télécom de l'Internet des objets. En France, fin 2020, son réseau cellulaire comporte 2 600 antennes. Ce réseau va permettre de faciliter la communication, mais surtout de récupérer des données stockées dans un appareil, via un autre appareil, c'est tout l'enjeu de la communication M2M.

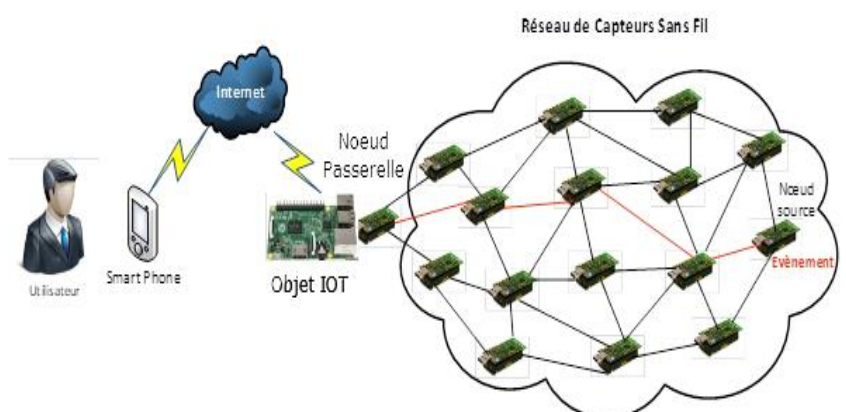
D'un point de vue technique, Sigfox est un système de connexion utilisant des signaux de fréquence radio ultra-rapide et de longues portées, que les techniciens appellent la bande ultra étroite (UNB = Ultra Narrow Band). Ce signal peut se faufiler partout, même dans les zones reculées.



Réseaux de capteurs sans fils pour l'IOT

Les Réseaux de capteurs sans fils(RCSFs) sont souvent constitués d'un grand nombre de nœuds capteurs minuscules à faible coût. Ils sont déployés dans un environnement pour détecter un événement, observer un phénomène particulier ou mesurer des grandeurs physiques (changement de température, la variation d'humidité, le degré de luminosité, fluctuation de la pression, le degré de pollution, niveau de radioactivité...).

La durée de vie d'un nœud capteur est tributaire à celle de ses batteries. Comme le montre la figure suivante, les données détectées par les nœuds capteurs sont transmises directement ou via des nœuds intermédiaires jusqu'à l'objet IOT qui est capable de d'envoyer les données au cloud qui est à son tour accessible aux utilisateurs moyennant des applications web ou mobiles.



Modules radio du réseau nRF »

Les modules sans fil RF 2,4 GHz nRF24L01 + PA + LNA sont des modules émetteurs-récepteurs RF — qui peut être utilisés pour des communications sans fil jusqu'à 1100 mètres (Théoriquement). Le PA signifie amplificateur de puissance. Il augmente simplement la puissance du signal transmis depuis la puce nRF24L01, Alors que LNA signifie faible bruit amplificateur. La fonction du LNA est de prendre le signal extrêmement faible et incertain de l'antenne (généralement de l'ordre du microvolts ou inférieur à -100 dBm) et de l'amplifier à un niveau plus utile (généralement environ 0,5 à 1 V).

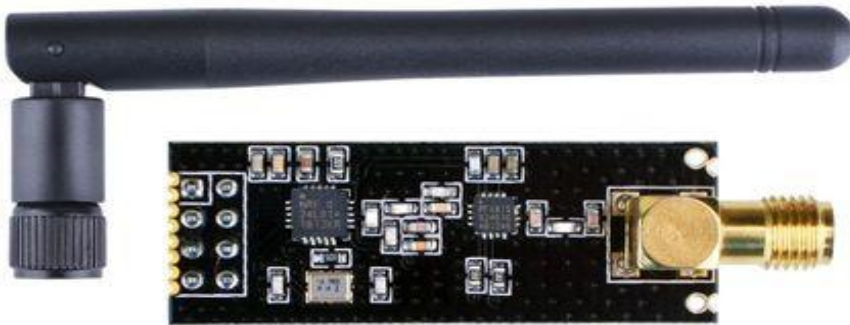


Figure 1: Module nRF24L01+PA+LNA 2.4Ghz

Voici les caractéristiques détaillées du Module nRF24L01+PA+LNA :

- Fréquence: 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical) band
- Tension d'alimentation : 1.9 à 3.6 V
- Interface SPI jusqu'à 10 Mb/s (tolérant 5 V)
- Vitesses de transmission : 250 kb/s¹, 1 Mb/s et 2 Mb/s
- Peut être utilisé avec des microcontrôleurs très basiques comme l'ATtiny
- Portée : quelques mètres avec une antenne PCB (modèle présenté ici) et jusqu'à un kilomètre avec une antenne externe (avec beaucoup de chance).
- https://devzone.nordicsemi.com/documentation/nrf51/4.3.0/html/group_esb_users_guide.html
- La communication est bidirectionnelle avec mise en mémoire tampon des paquets de données, confirmation des paquets reçus et retransmission automatique des paquets perdus.

En pratique le module nRF24L01+PA+LNA 2.4Ghz a montré que la portée de ce module ne dépasse pas 150 mètres. Il est possible de réduire le débit pour augmenter la portée comme c'est indiqué dans la fiche d'utilisation, mais en pratique ceci n'apporte qu'une amélioration d'une dizaine de mètre. Les

modules NRF, Ebyte E01-ML01DP5+PA+LNA 2.4Ghz sont plus confirmés pour une portée plus importante.

Le Module de communication Ebyte E01-ML01DP5+PA+LNA 2.4Ghz

L'E01-ML01DP5 est basé sur la forme originale importée de nRF24L01+. Et équipé de la puce d'amplificateur de puissance 20dBm qui fait la puissance de transmission atteint 100 mW (20dBm) tandis que la sensibilité de réception augmentée de 10dB. La distance de transmission 10 fois plus longue que nRF24L01+ lui-même.

Un amplificateur de puissance (pa) et un amplificateur à faible bruit (lna) sont intégrés, de sorte que la puissance de –transmission maximale atteint 100 mW et la sensibilité de réception est encore améliorée. Les produits ont été grandement améliorés lorsqu'il n'y a pas de PA et de LNA dans la conception.



Ebyte E01-

ML01DP5+PA+LNA 2.4Ghz

Voici les caractéristiques :

- Interface: SPI
- Puissance: 20dBm
- Distance: 2100 m
- Connecteur RF: SMA-K
- Fréquence: 2.4 GHz (2400 MHz-2525 MHz)
- La puissance de transmission : 100 mW (20dBm)
- La sensibilité de réception : augmentée de 10dB.
- La distance de transmission : 10 fois plus longue que nRF24L01P lui-même.

Envoi et réception avec un module NRF



GND Ground Pin.

VCC Vous pouvez le connecter à la sortie 3,3 V de votre Arduino

CE (Chip Enable) Lorsque ce PIN il est à l'état HIGH le module nRF est activé, le nRF24L01 transmettra ou recevra, selon le mode dans lequel il se trouve actuellement.

CSN (Chip Select Not) est une broche LOW active et est normalement maintenue HIGH. Lorsque cette broche devient basse, le nRF24L01 commence à écouter sur son port SPI les données et les traite en conséquence.

SCK (Serial Clock) accepte les impulsions d'horloge fournies par le maître du bus SPI.

MOSI (Master Out Slave In) est une entrée SPI du nRF24L01.

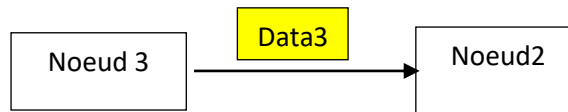
MISO (Master In Slave Out) est une sortie SPI du nRF24L01.

IRQ est une broche d'interruption qui peut alerter le maître lorsque de nouvelles données sont disponibles

Pour plus de détail voir : <https://passionelectronique.fr/tutorial-nrf24l01/#explication-rapide-concernant-le-nrf24>

Script Arduino pour l'émission des données avec le module NRF chaque 5 secondes

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
RF24 radio(9,8); // CE, CSN
const byte address3[6] = "00001";
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openWritingPipe(address3);
  radio.stopListening();
}
void loop() {
  const char text[] = "Src:03;Temp:25";
  radio.write(&text, sizeof(text));
  delay(5000);
}
```



Script Arduino réalisé pour la réception des données via un module NRF

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
RF24 radio(9, 8); // CE, CSN
const byte address3[6] = "00001";
void setup(){
  while (!Serial);
  Serial.begin(9600);

  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(0, address3);
  radio.startListening();
}
void loop(){
  if (radio.available())
  {
    char text[32] = {0};
    radio.read(&text, sizeof(text));
    text[sizeof(text)]='\0';
    Serial.println(text);
  }
  delay(100);
}
```