



Projet BTS SN-EC

Session 2023

Sommaire

- Présentation du projet :
 - Attribution des différentes tâches (page 3)
- Pourquoi LoRa :
 - L'IOT
 - Type de communication sans fils (page 4)
 - LPWAN
 - Connection dans le territoire Français (page 5)
 - Conclusion (page 6)
 - Conclusion (page 7)
 - Conclusion (page 8)
- Protocole LoRa et LoRaWAN
 - Couches OSI (page 9)
 - Nœud final (page 10)
 - Spreading Factor (page 11)
 - Présentation LoRaWAN et ses protocoles (page 12-5)
 - Attribution des bandes passantes en France (page 16)
- Travail Personnel
 - Réalisation de la carte et teste (page 17-18)
 - Modulation IQ (page 19)
 - Simulation Excel (page 20-21)
 - Mise en évidences des différents types de modulation (page 22-25)
- Mise en place d'un protocole d'envoie
 - Transmission (page 26-28)
 - Réception (page 29)
- Conclusion



+



Répartition des tâches

(Projet LoRa Groupe 1)

- G1-LoRa Emission (+Registres):

- Modulation I et Q
 - Simulation Excel

- G2-LoRa Réception :

- Orthogonalité

- G3-LoRa Emission

- Démodulation

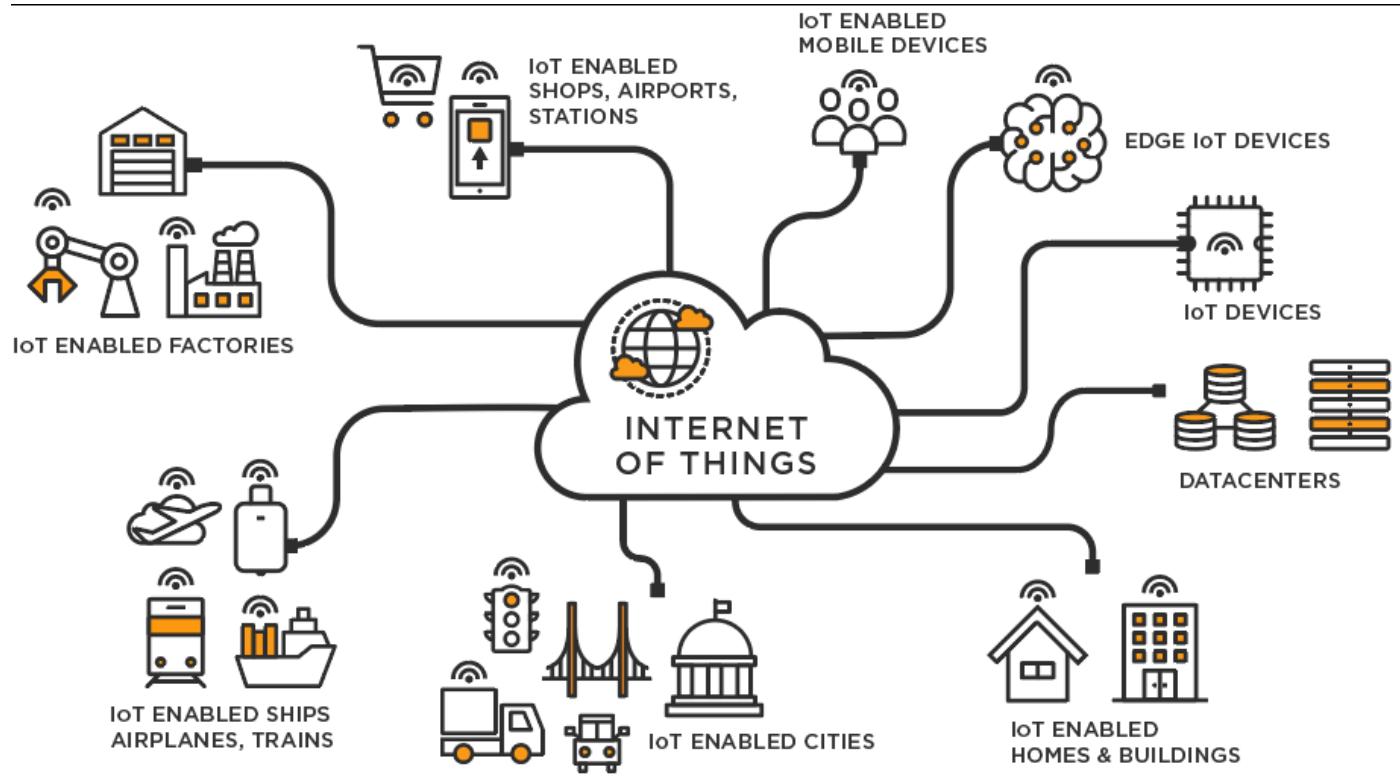
- G4-Hx711 (Capteur de force):

- Modulation
 - Passe-bas
 - Décimation

- G5-Hx711:

- Simulation
 - Modulation MASH

Définition de l'IOT



- L'IoT (Internet des Objets) connecte des objets physiques à Internet.
- Les objets collectent et échangent des données entre eux et avec des systèmes informatiques.
- L'IoT ajoute des capacités de communication et de traitement des données aux objets du quotidien.
- Les applications de l'IoT sont vastes.

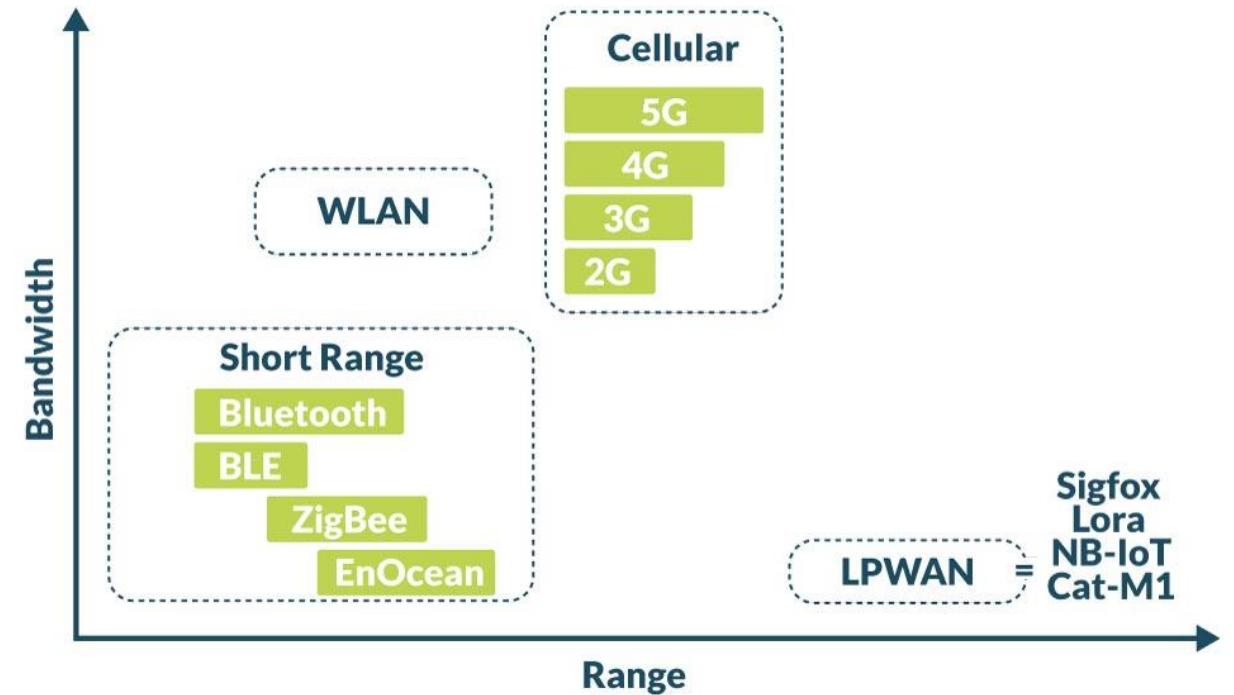
Comparaison des communications sans fils

Type de communication sans fil	Type de communication	Portée	Puissance Tx (mW)*
Bluetooth	Petite portée	10-100 mètres	~2.5
Wi-Fi	Petite portée	30-100 mètres	~80
4G	Cellulaire	Environ 3000-5000 mètres (varie en fonction des conditions)	~500
LoRa	LPWAN	2000-5000 mètres en zone urbaine, 5000-15000 mètres en zone rurale, ~15000 mètres en terrain plat	5 - 20

*A noter que les valeurs de puissance Tx sont approximatives et peuvent varier en fonction des spécifications des dispositifs utilisés

LPWAN

- LPWAN signifie : Le réseau **Low Power Wide Area Network** (LPWAN)
- Il existe plusieurs types de LPWAN :
 - NB-IOT
 - LoRa
 - Sigfox



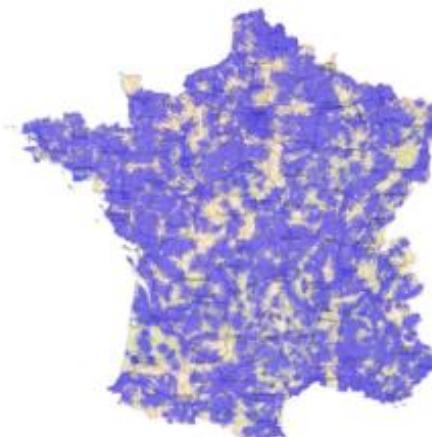
Déploiement du réseau LoRa en France

Couverture et déploiement du réseau LoRa d'Objenious

T1 2016

T3 2016

Fin 2016



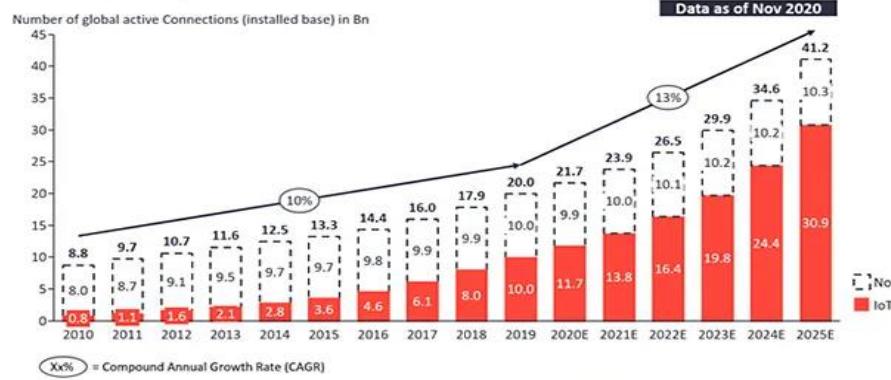
Pourquoi utiliser LoRa dans l'IOT ?

ANALYTICS

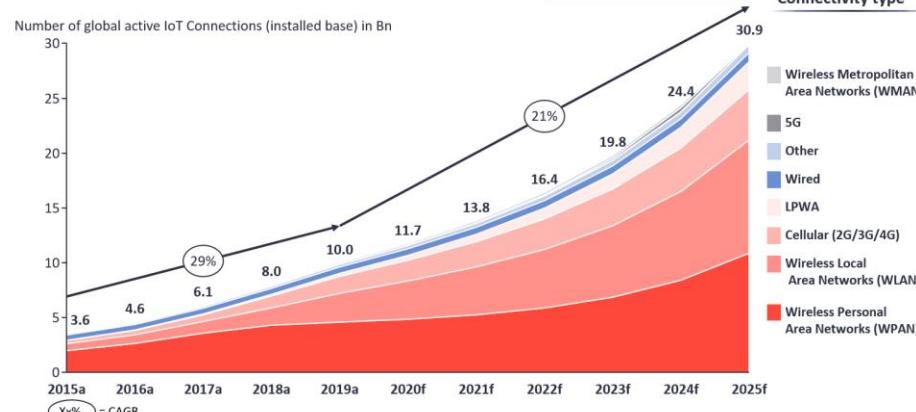
Insights that empower you to understand IoT markets

Global number of device connections (incl. Non-IoT)

In 2019 – expected to grow 13% to 41.2Bn in 2025



10.0Bn in 2019



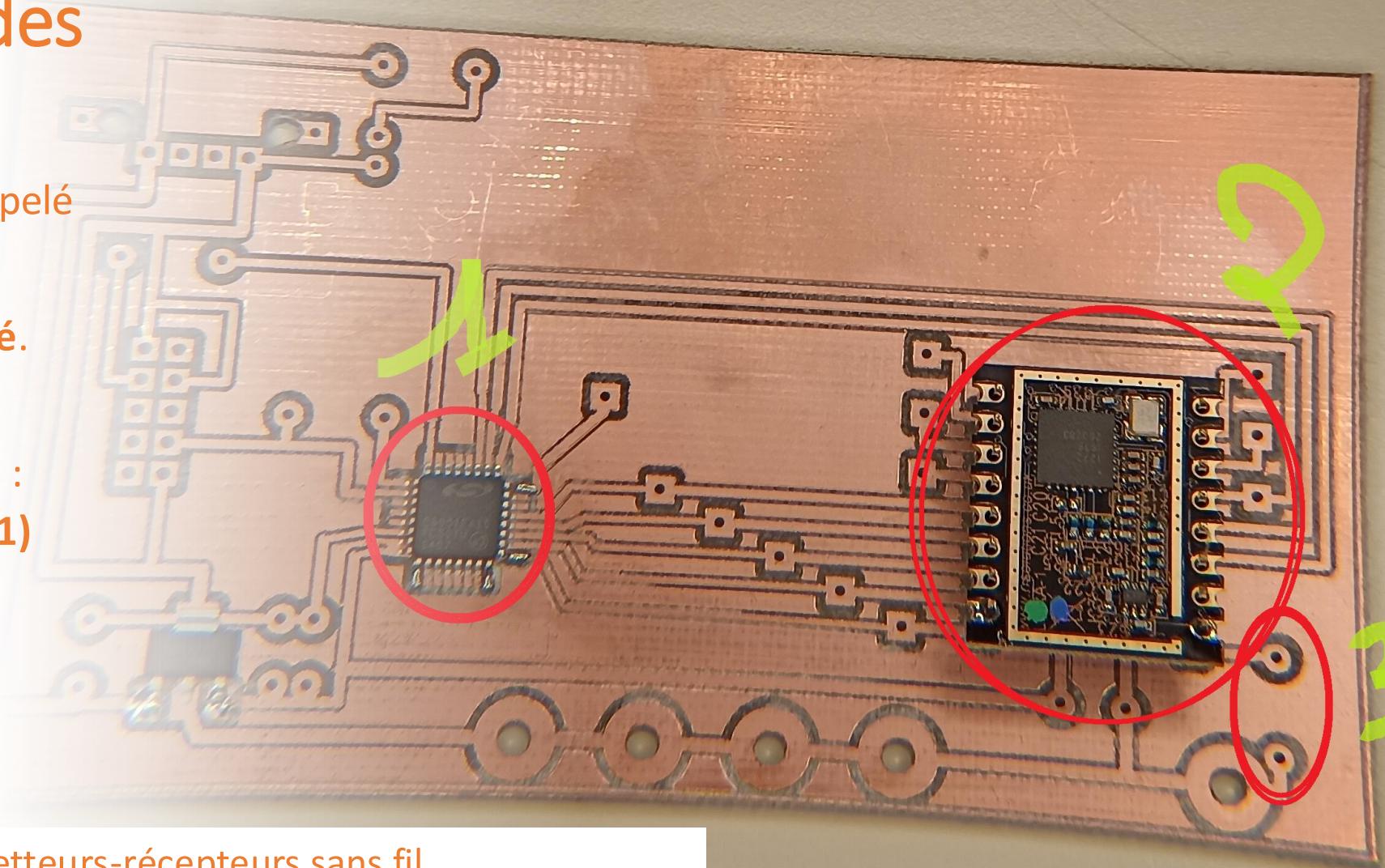
Couches OSI

- Le modèle OSI (**Open Systems Interconnexion**) n'est pas strictement suivi dans tous les aspects de la mise en œuvre des réseaux.
- Il se voit souvent adapter pour mieux répondre à la demande.

Modèle OSI	Rôle de chaque couche
Application	7 : définit le point d'accès aux services réseaux pour l'utilisateur
Présentation	6 : fournit une représentation commune des données transférées entre des services de couche application
Session	5 : fournit des services à la couche présentation pour organiser son dialogue et gérer l'échange de données
Transport	4 : permet de segmenter, transférer et réassembler des données de communication entre les périphériques finaux.
Réseau	3 : détermine un chemin permettant de relier les deux périphériques finaux afin d'échanger les morceaux de données de communication
Liaison de données	2 : gère les communications entre deux machines directement reliées par un même support physique
Physique	1 : permet la transmission effective des signaux sur le support physique.

Fonctionnalités des End Nodes

- Un **End Node**, également appelé **nœud final** fait référence à un **dispositif ou un objet connecté**.
- Les appareils sont composés :
 - D'un **microprocesseur (1)**
 - D'un **module radio (2)**
 - D'une **antenne (3)**
-

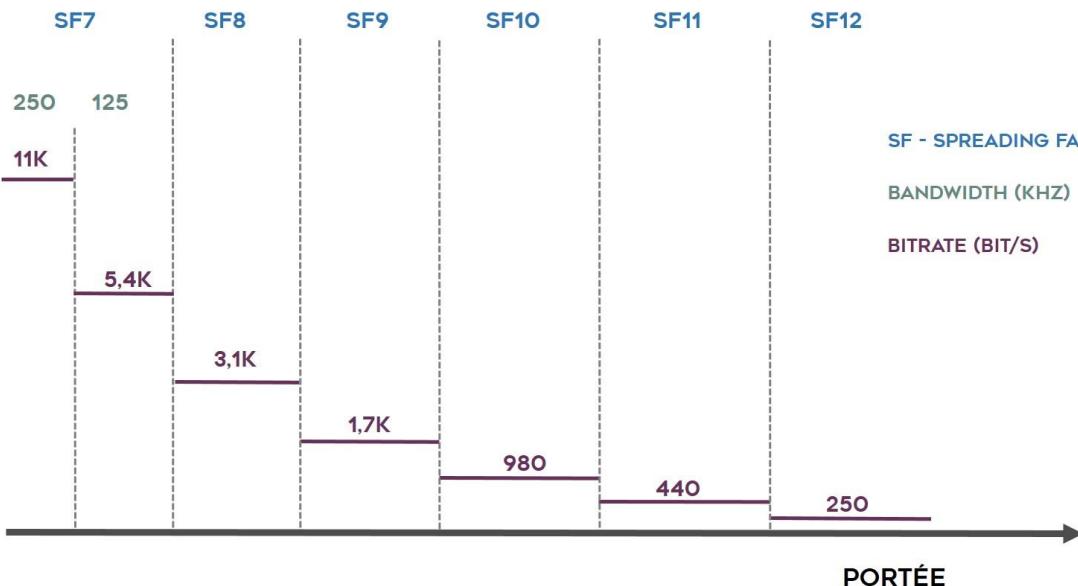


Les appareils LoRa ont des émetteurs-récepteurs sans fil.

*(Dans le cas où cette l'équipement serait relié à un capteur, l'appareil seraient considéré comme un capteur à distance.)

Facteur d'étalement

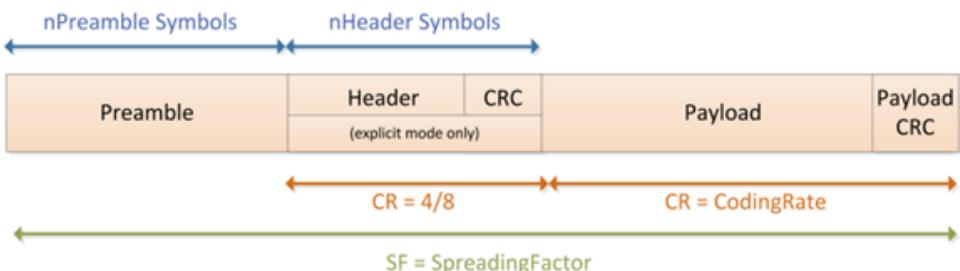
- le facteur d'étalement (**Spreading factor-SF**) détermine la durée d'un symbole dans le temps (T_s).
- Plus le facteur d'étalement est élevé, plus la durée d'un symbole est longue et donc plus la transmission est lente.
- Un facteur d'étalement plus élevé permet également d'améliorer la résistance aux interférences et d'étendre la portée de communication du signal LoRa.



$$T_s = \frac{2^S F}{B W}$$

Trame LoRa

- Possible de réduire le temps de transmission avec le mode d'en-tête implicite
- Possibilité de changer la valeur du taux d'erreur d'encodage (CR)

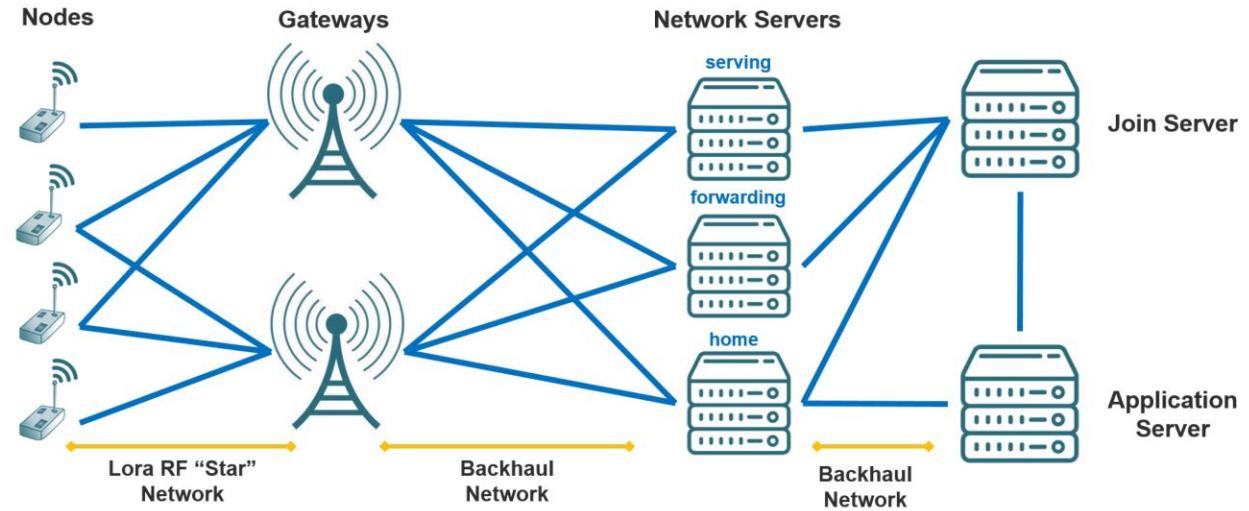
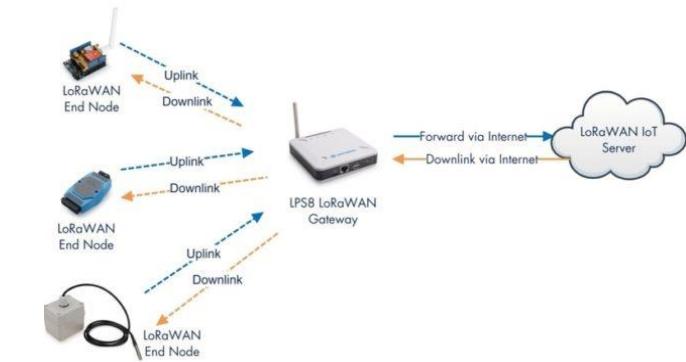
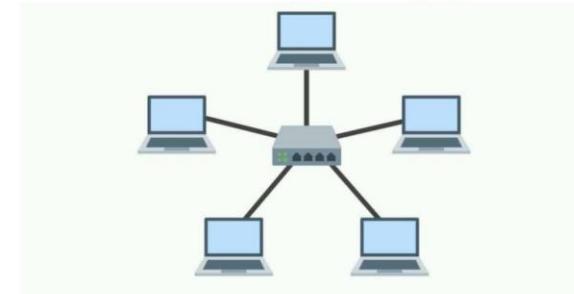


CodingRate (RegModemConfig1)	Cyclic Coding Rate	Overhead Ratio
1	4/5	1.25
2	4/6	1.5
3	4/7	1.75
4	4/8	2

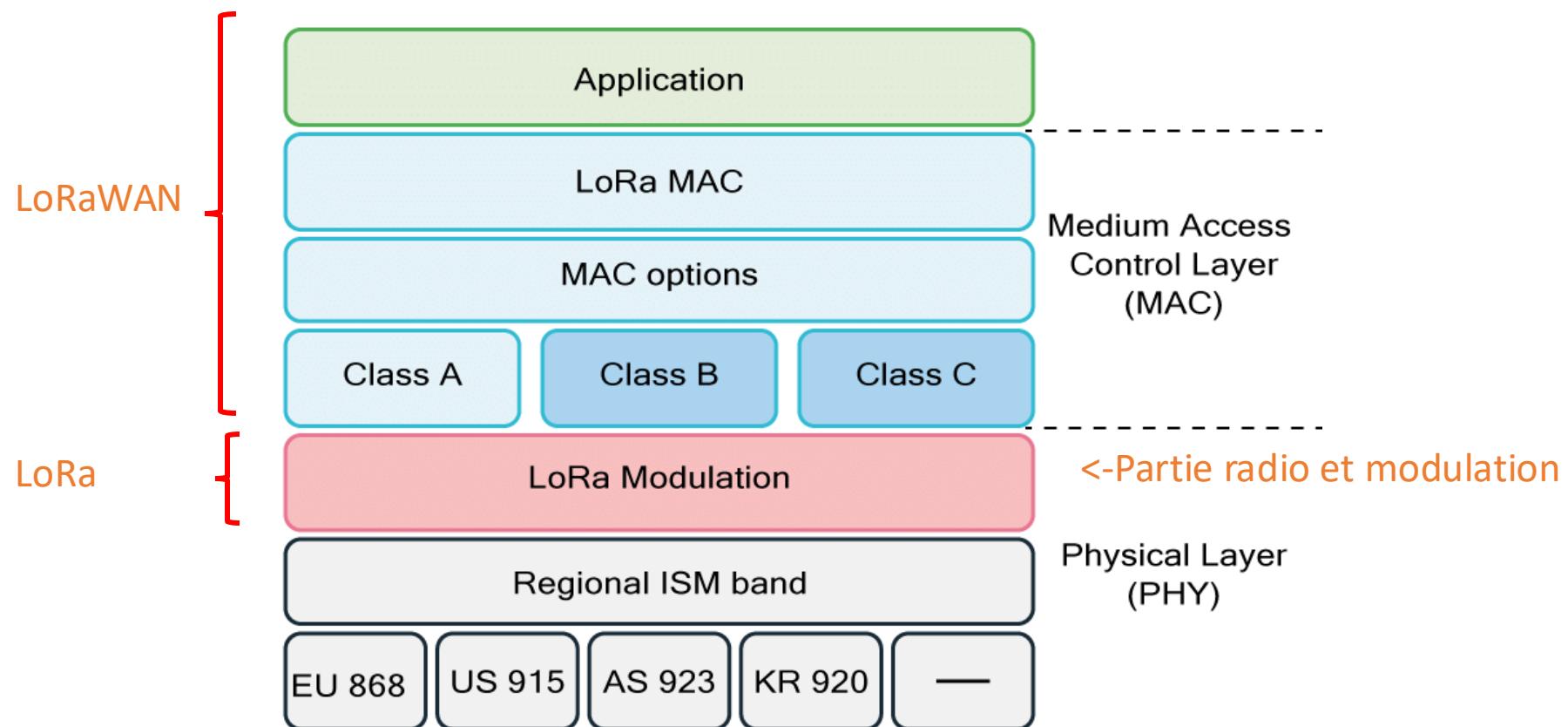
Réseau LoRaWAN

- Communication bidirectionnelle*.
*(Envoie-réception)
- Une **alternative** possible à la passerelle (Gateway) est le microcontrôleur Embed ainsi que la librairie RadioHead obligatoire

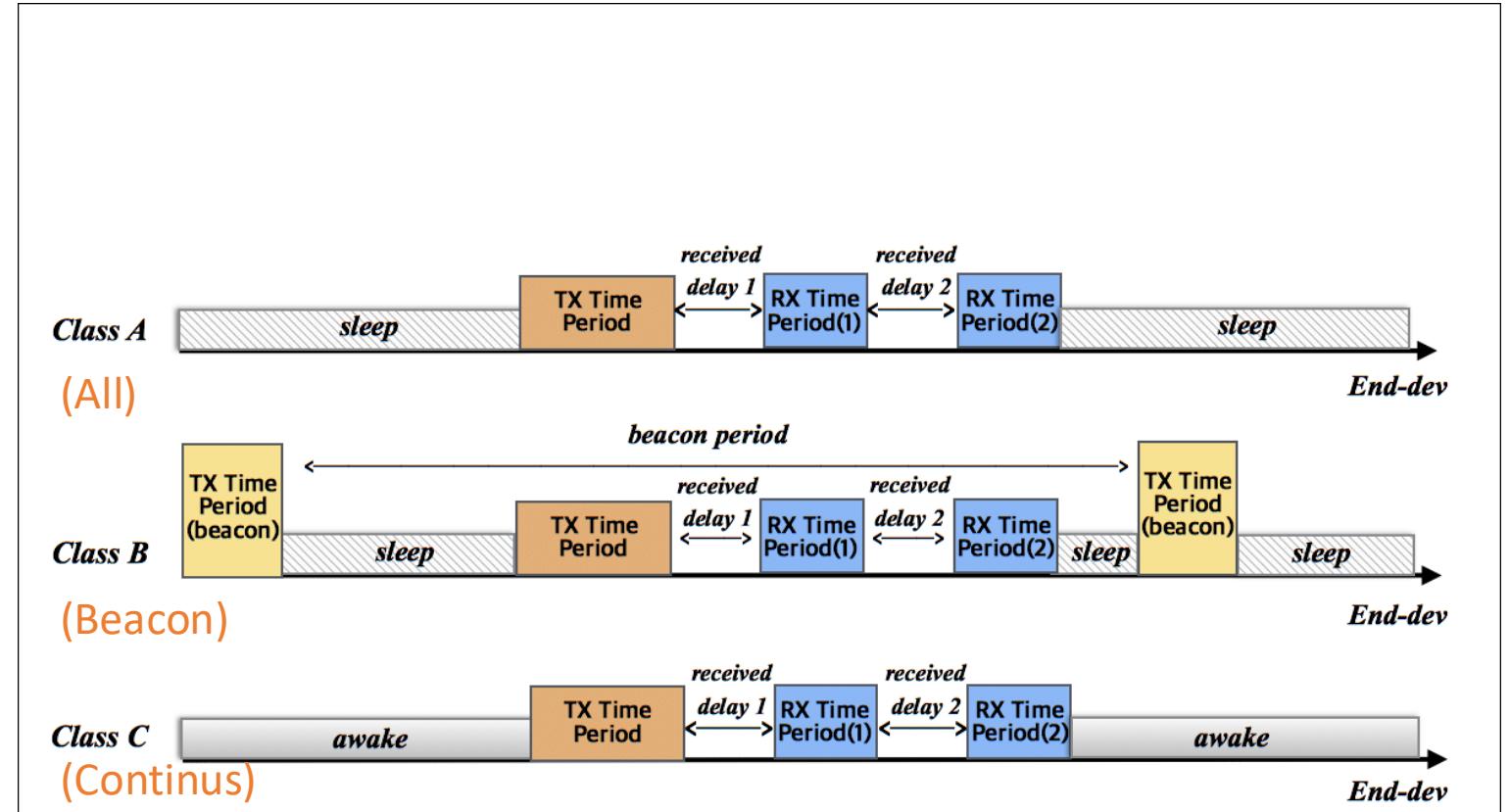
Star Topology



Protocole LoRa



Les différentes classes du protocole LoRaWAN



Plage de fréquence de Lora en France



Il est important d'acheter un module du pays correspondant.

*(Aux USA la plage de fréquence utilisé est à 915 MHz)

What is specified in the LoRaWAN regional parameters document. To know which frequency plan to use in your country, see the list of frequency plans by country list.

EU863-870

Uplink:

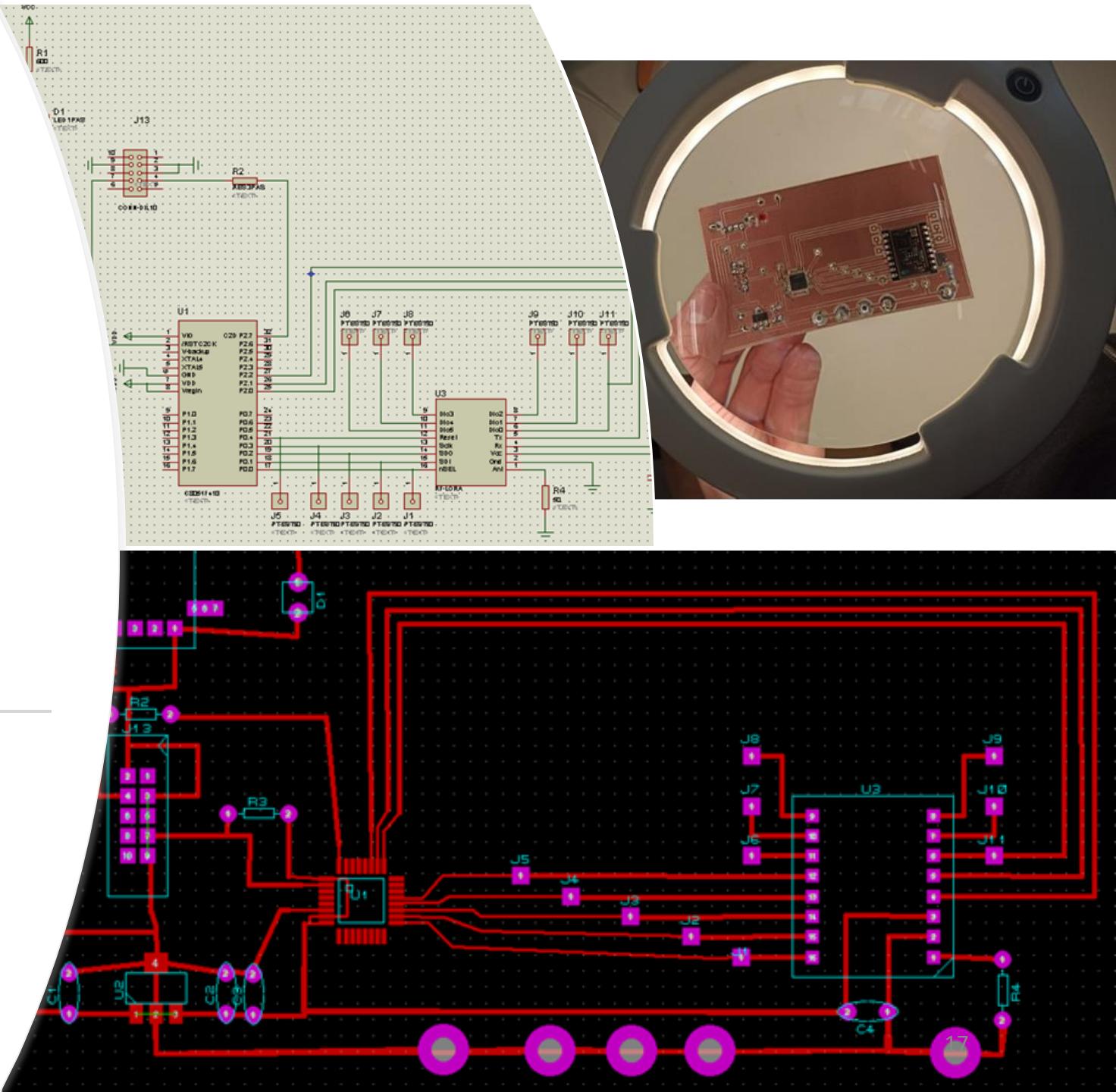
1. **868.1** - SF7BW125 to SF12BW125
2. **868.3** - SF7BW125 to SF12BW125 and SF7BW250
3. **868.5** - SF7BW125 to SF12BW125
4. **867.1** - SF7BW125 to SF12BW125
5. **867.3** - SF7BW125 to SF12BW125
6. **867.5** - SF7BW125 to SF12BW125
7. **867.7** - SF7BW125 to SF12BW125
8. **867.9** - SF7BW125 to SF12BW125
9. **868.8** - FSK

Downlink:

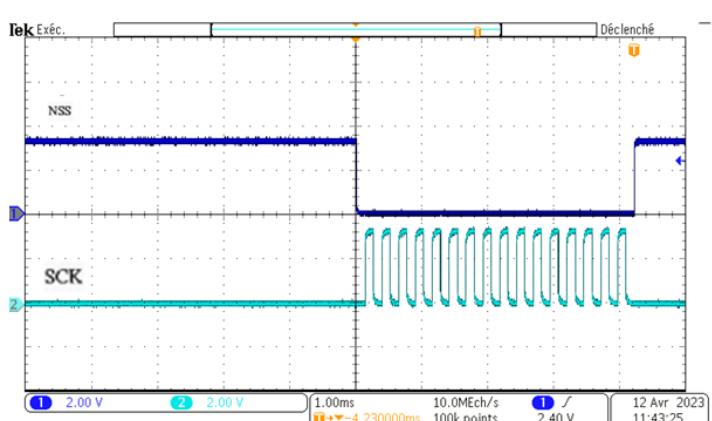
- Uplink channels 1-9 (RX1)
- **869.525** - SF9BW125 (RX2)

- Pour uplink, le maximum de puissance de transmission est limité à 25mW (14dBm ou décibel/mW).
- Pour le downlink, le maximum de puissance de transmission est limité à 0.5W (27dBm).
- Le gain maximum autorisé de l'antenne est de +2.15 dBi ou décibel isotrope.
- Rapport cyclique inférieur à 1%.

Réalisation de la carte



Protocole de teste de la carte



The figure below shows a typical SPI single access to a register.

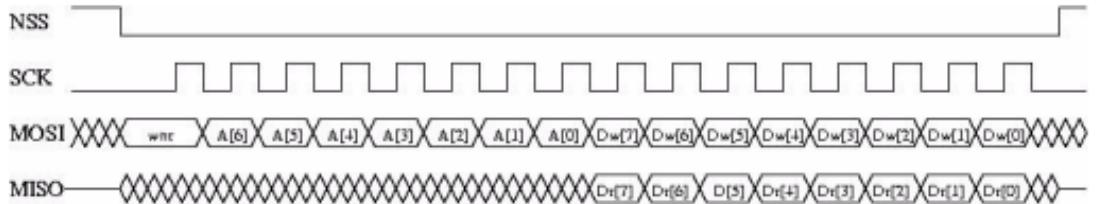


Figure 38. SPI Timing Diagram (single access)

```
#include <c8051F410.h> // Inclusion des définitions et des macros allant avec le systèmeF410
// Définir les broches RX,TX,DIO.POINT TESTE, RESET,CLOCK, IN, OUT, NSEL et ajout de la variable i.
sbit RX = P2^2;
sbit TX = P2^1;

sbit RESET = P0^4;
sbit SCLK = P0^3;
sbit SDI = P0^2;
sbit SDO = P0^1;
sbit NSEL = P0^0;

unsigned int i;
void tempo (unsigned int);

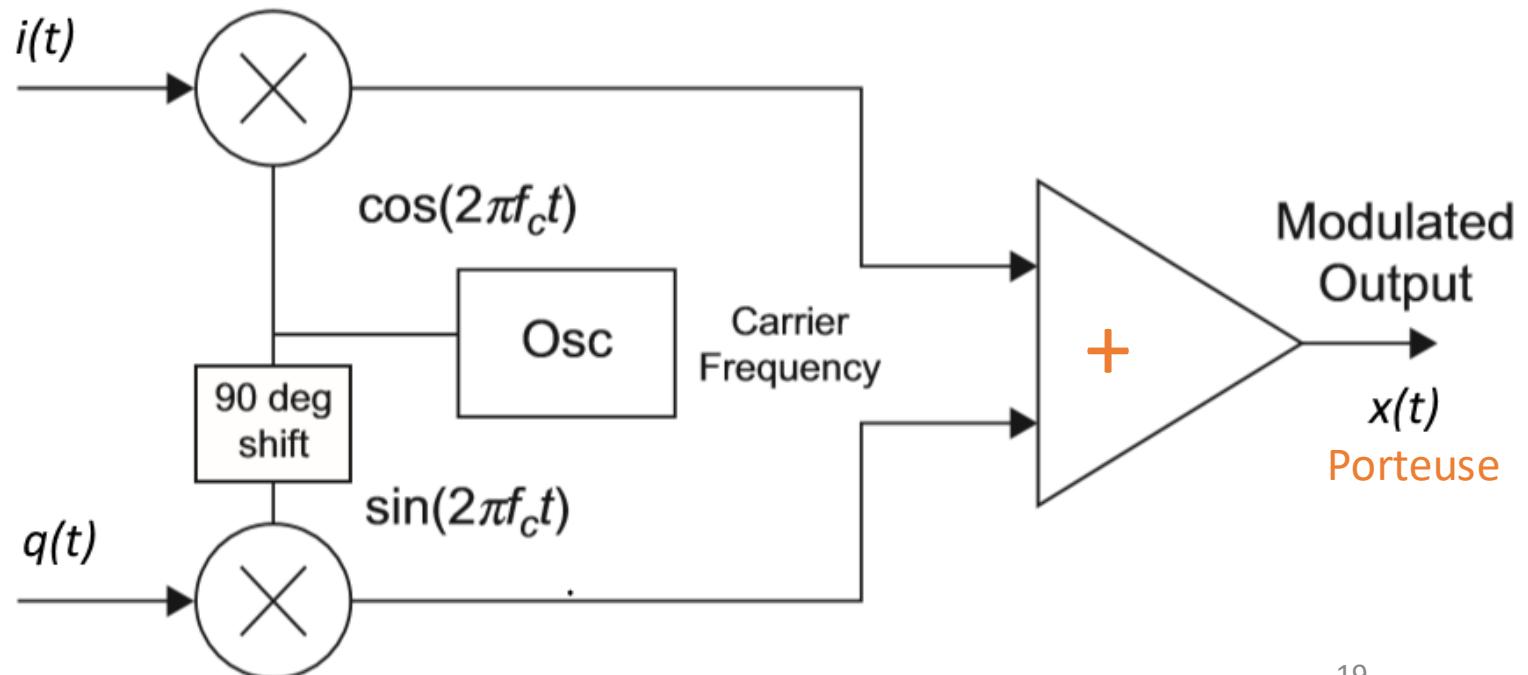
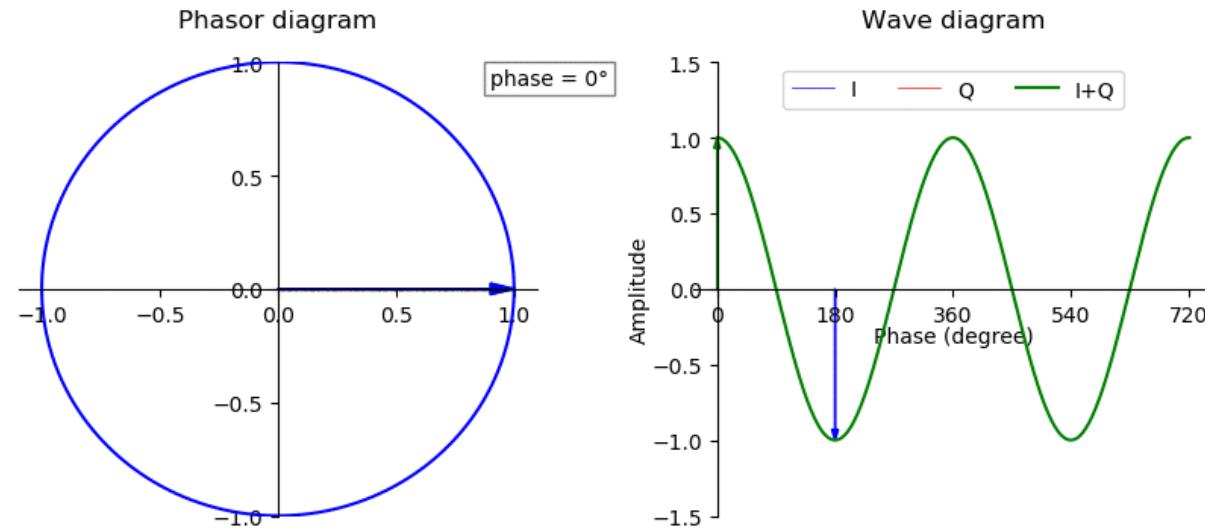
void main()
{
    OSCICN=0x83; // Permet d'assigner une valeur à la fréquence
    //du microcontrôleur (vitesse d'envoie des bits)
    PCA0MD=0x0; // Désactive le mode veille de l'appareil dans son cycle principale (Read/Write acces)
    XBRI=0x40; // Accepte la connexion entre broche physique et fonction interne
    P0MDOUT=0xFB; // Nise à 1 des sorties que l'on souhaite envoyer (ref broche P0 C8051F410)

    NSEL=1;SCLK=0; tempo(10); //Permet de crée le petit décalage entre NSS et MOSI
    // Code de test
    while(1)
    {
        NSEL=0; SCLK=0;tempo (10); //Nous allons mettre une tempo 10 permettant d'avoir un
        //décalage léger entre NSEL et SCLK
        for(i=0;i<16;i++) // Le nombre d'itération défini le nombre de coup
        //d'horloge que l'on souhaite
        {
            SCLK=1; //Allumer SCLK
            tempo(10); //Itération servant de temps
            SCLK=0; //Eteindre SCLK
            tempo(10); //Itération servant de temps
        }
        NSEL=1;SCLK=0;
        tempo(5000);
    }
}

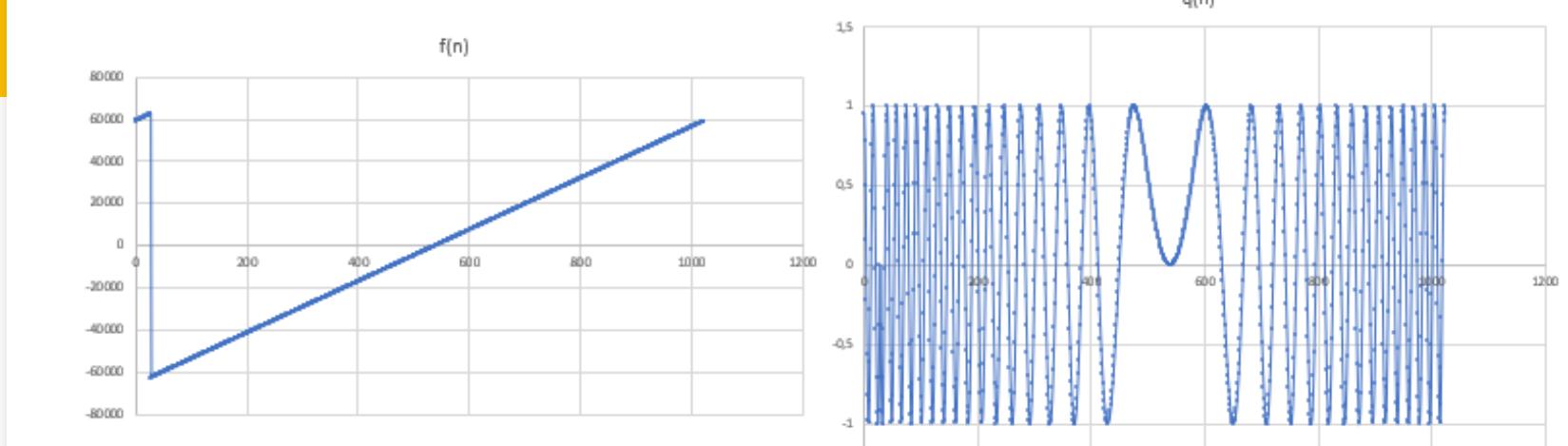
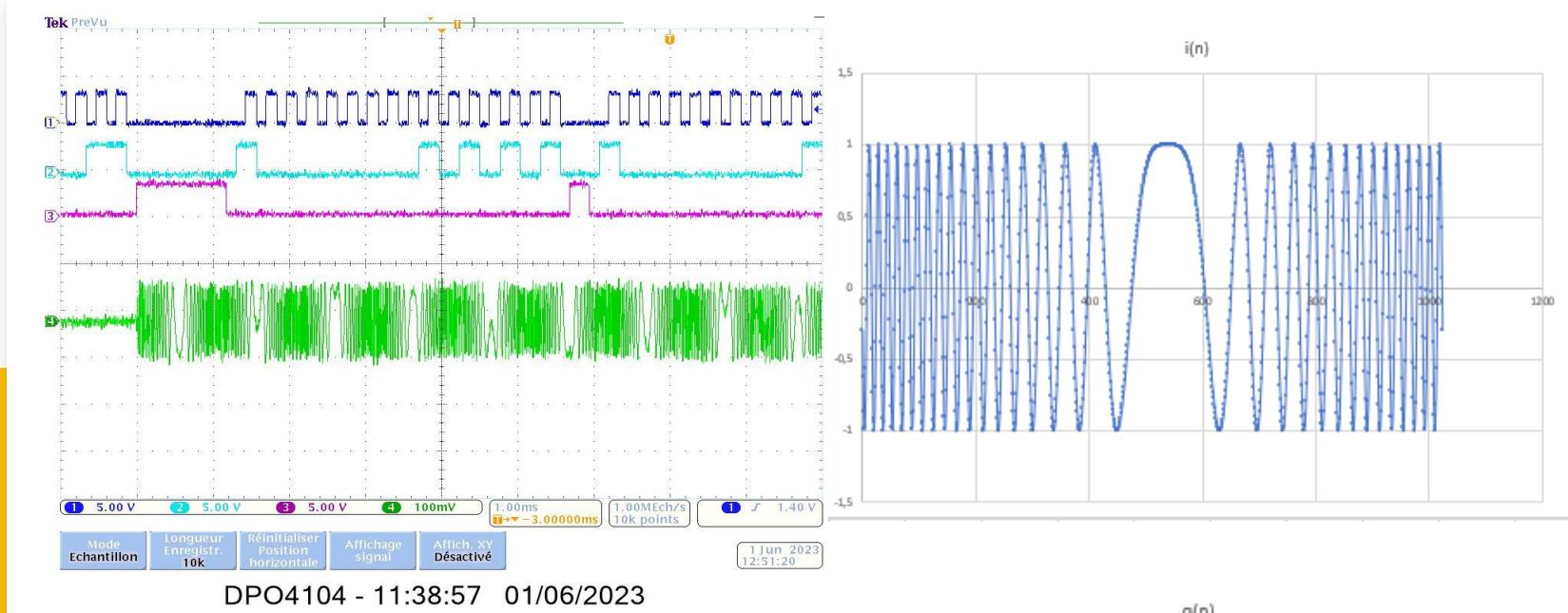
void tempo ( unsigned int t)//Fonction temps, afin de laisser à la machine le Temps de transmission (t)
{
    unsigned int i; // Nous déclarons i
    for(i=0;i<t;i++) // Nous créons une condition servant à ralentir le processus selon la charge
}
```

Modulation I et Q

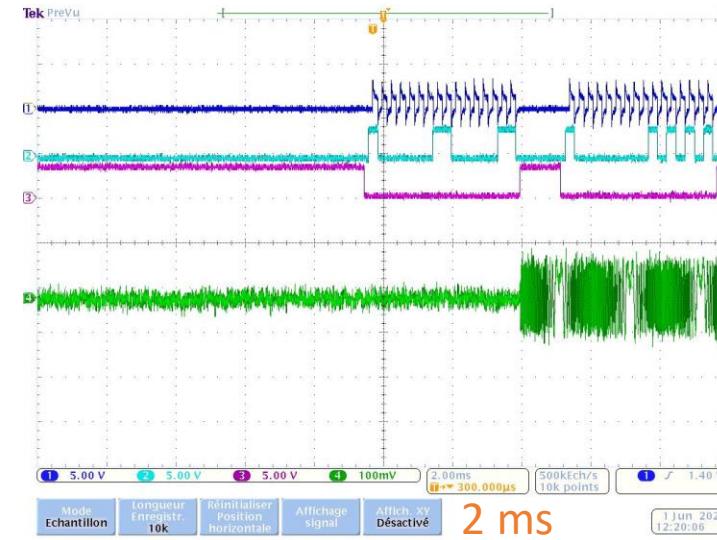
Porteuse



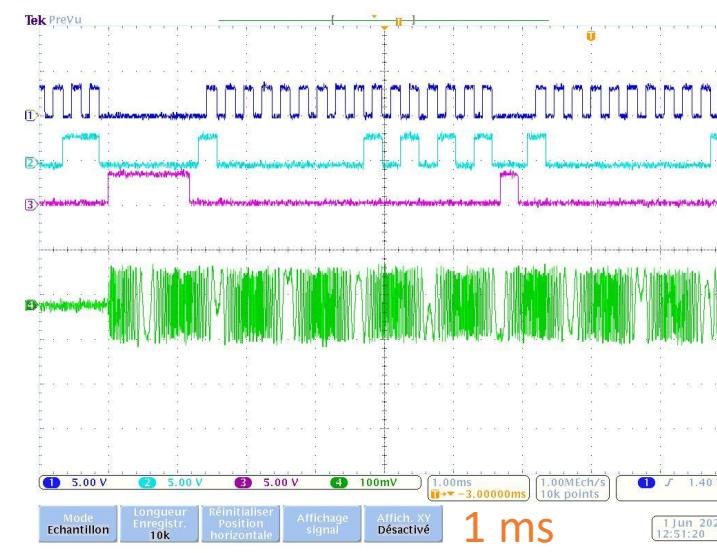
Simulation et observation du signal I et Q



Mise en valeur de SF7 à SF8



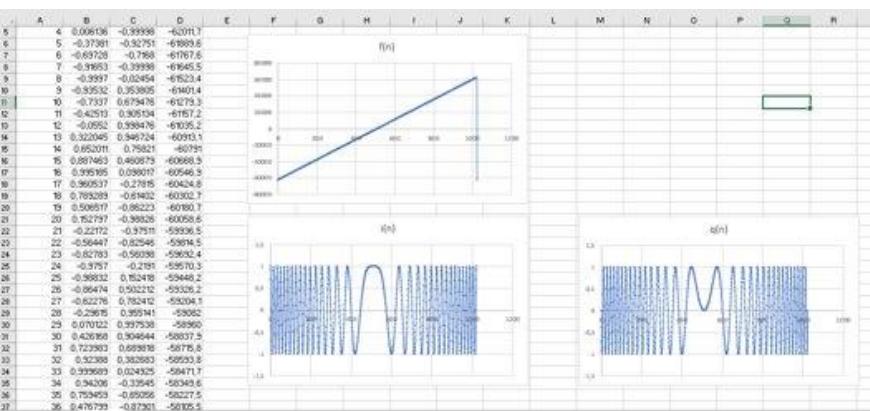
SF8



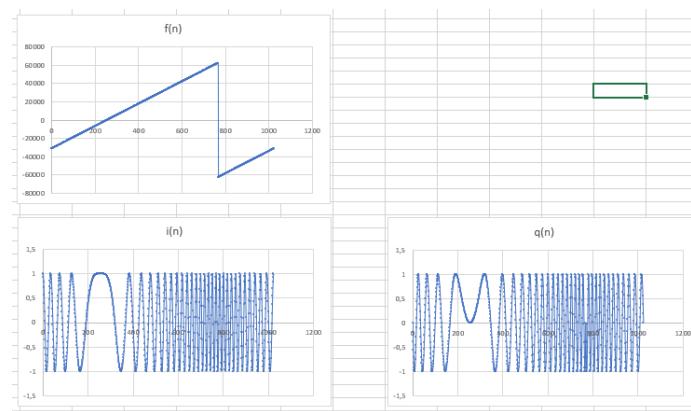
SF7

Changement de la valeur de départ

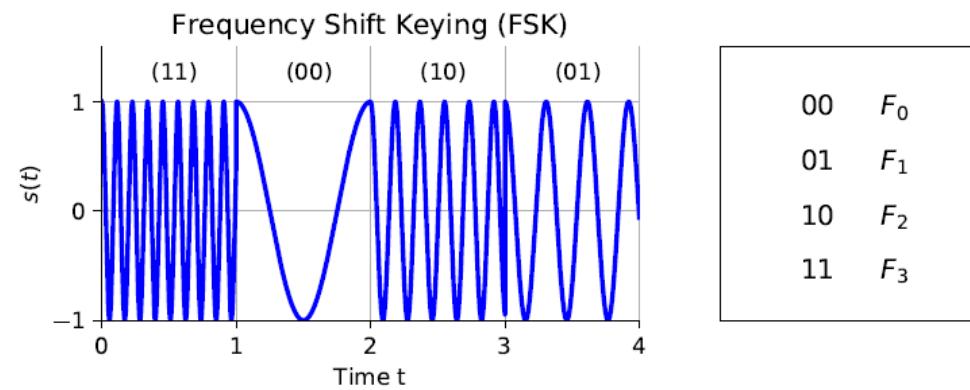
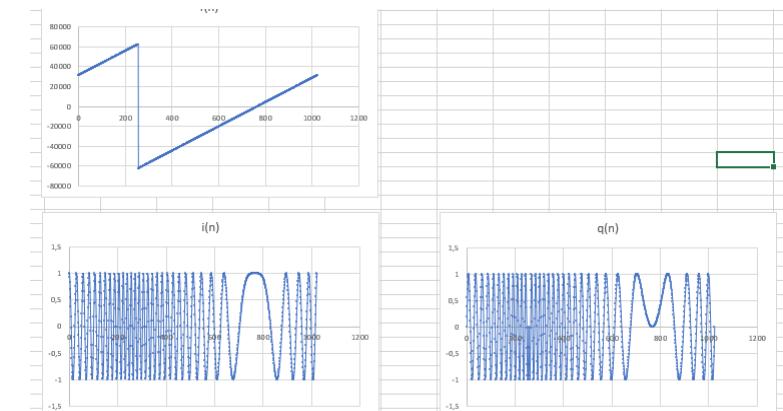
Démarrage à 0



Démarrage à 256

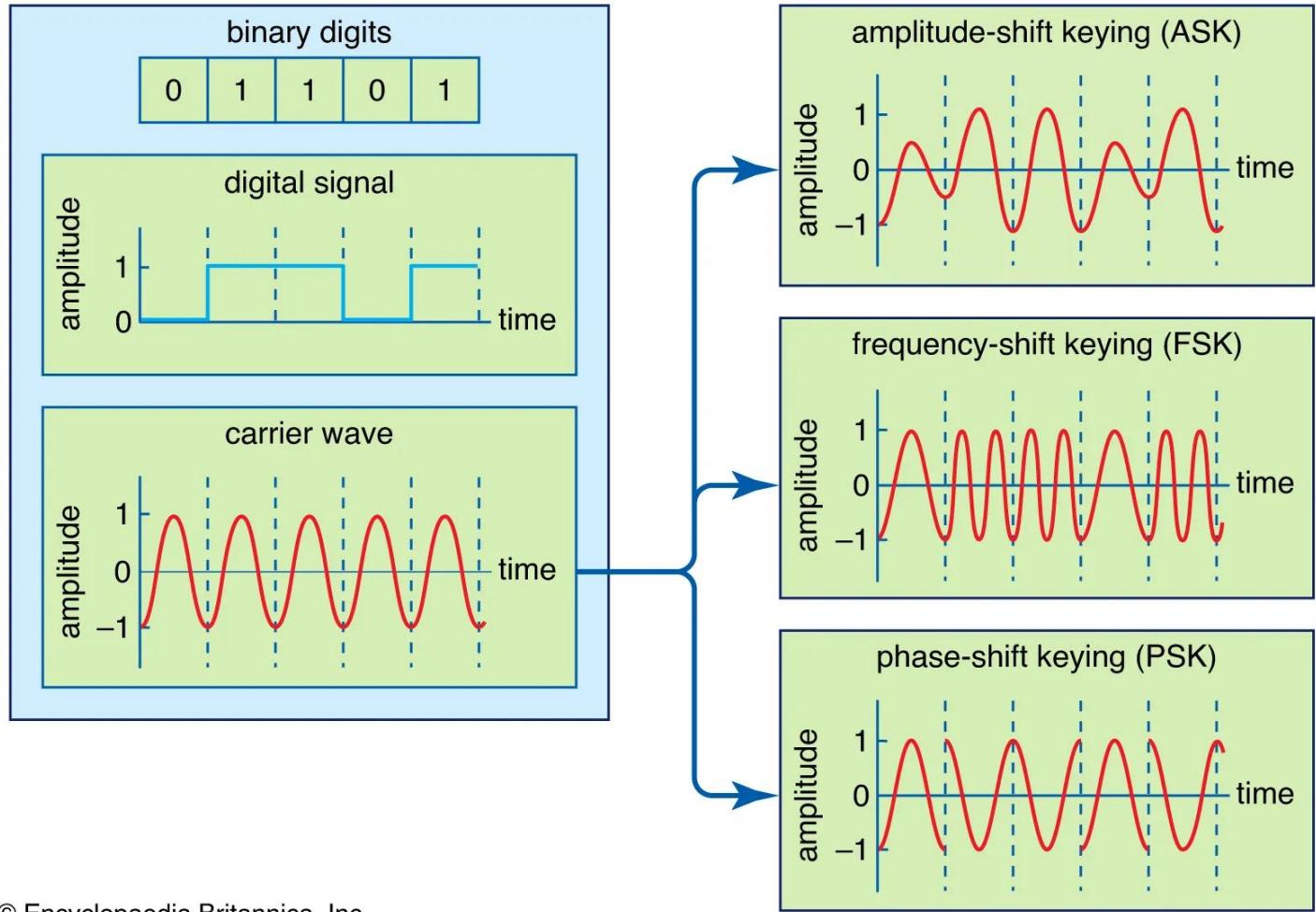


Démarrage à 768



Transmission d'un signal

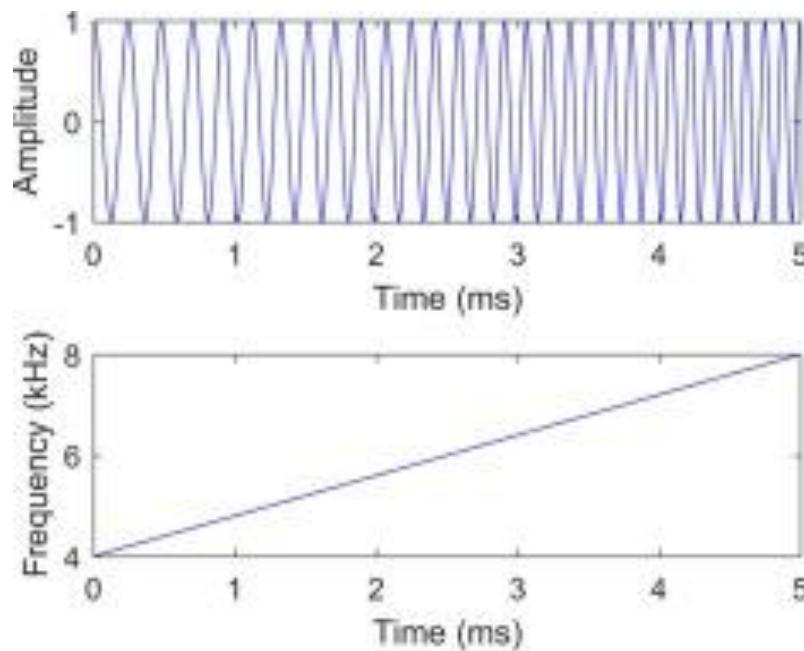
- Une fois le facteur d'étalement sélectionné au préalable nous pouvons encoder le signal digital selon la **modulation FSK** (Frequency Shift Keying)



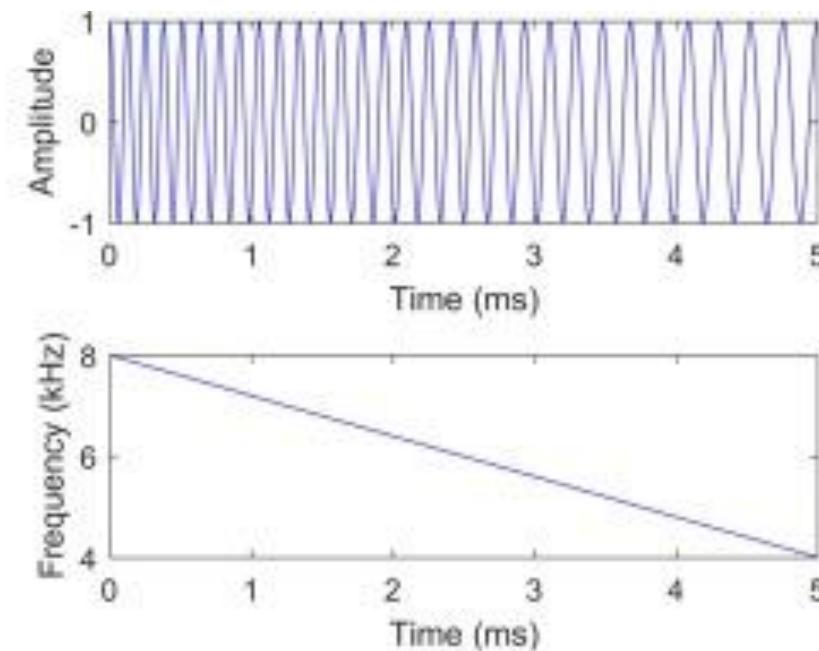
© Encyclopaedia Britannica, Inc.

Les chirps

- Un Chirp est une unité de mesure servant à décrire la durée d'un élément binaire dans un signal modulé



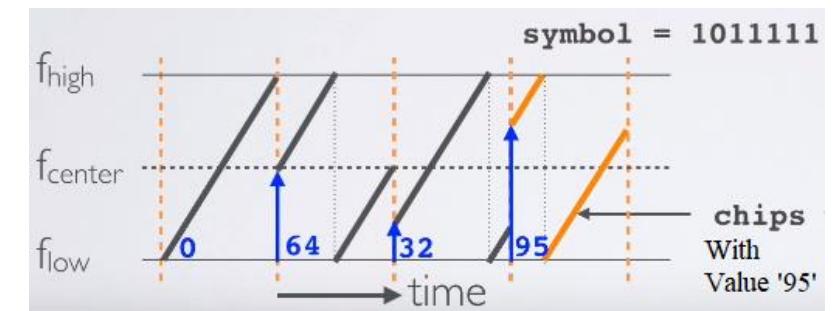
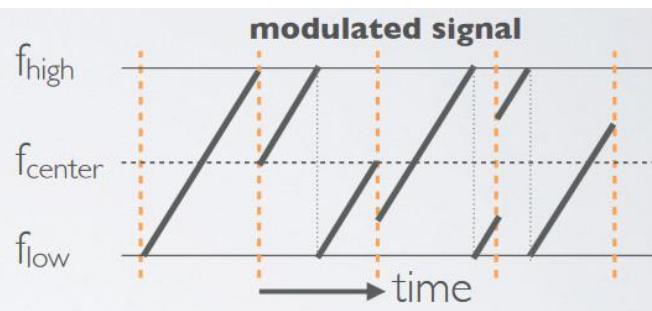
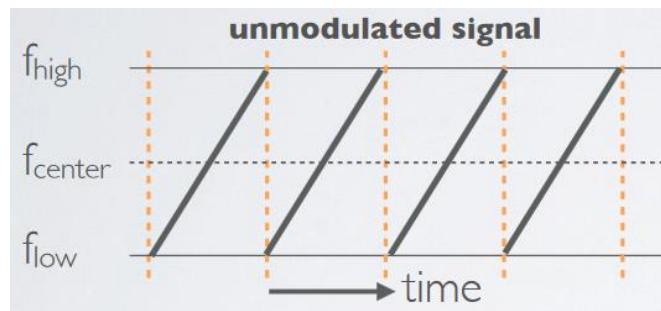
(a) Up-Chirp signal.



(b) Down-Chirp signal.

Modulation LoRa pour le signal émetteur

- La modulation LoRa se fait au travers de décalage cycliques des "Chirps", ce sont les sauts de fréquences qui déterminent les données encodées dans les "Chirps"



```

#include <c8051F410.h> // Inclusion des définitions et des macros allant avec le système F410
// Définir les broches RX, TX, DIO, POINT TESTE, RESET, CLOCK, IN, OUT, NSEL et ajout de la variable i.
sbit RX = P2^2;
sbit TX = P2^1;

sbit RESET = P0^4;
sbit SCLK = P0^3;
sbit SDI = P0^2;
sbit SDO = P0^1;
sbit NSEL = P0^0;

unsigned int i;
void tempo (unsigned int);
void vwrite (unsigned short, unsigned short);

void main()
{
    OSC1CN=0x83; // Permet d'assigner une valeur à la fréquence
                  //du microcontrôleur (vitesse d'envoie des bits)
    PCA0MD=0x0; // Désactive le mode veille de l'appareil dans son cycle principale (Read/Write acces)
    XBR1=0x40; // Accepte la connexion entre broche physique et fonction interne
    P0MDOUT=0xFB; // Mise à 1 des sorties que l'on souhaite envoyer sauf reset (ref broche P0 C8051F410)
    SDO=1;
    NSEL=1; SCLK=0; tempo(10); //Permet de créer le petit décalage entre NSS et MOSI
    TX=1; RX=0; RESET=0; NSEL=1; SDI=0; SCLK=0; // Configuration des ports

    while(1) // Boucle principale, tourne en boucle à l'infini
    {
        write(0x01,0x55); // Envoyer une trame de données sur le bus SPI
        tempo (10); // Attendre pendant 10 millisecondes
    }
}

void tempo ( unsigned int t)//Fonction temps, afin de laisser à la machine le Temps de transmission (t)
{
    unsigned int i; // Nous déclarons i
    for(i=0;i<t;i++); // Nous créons une condition servant à ralentir le processus selon la charge
}

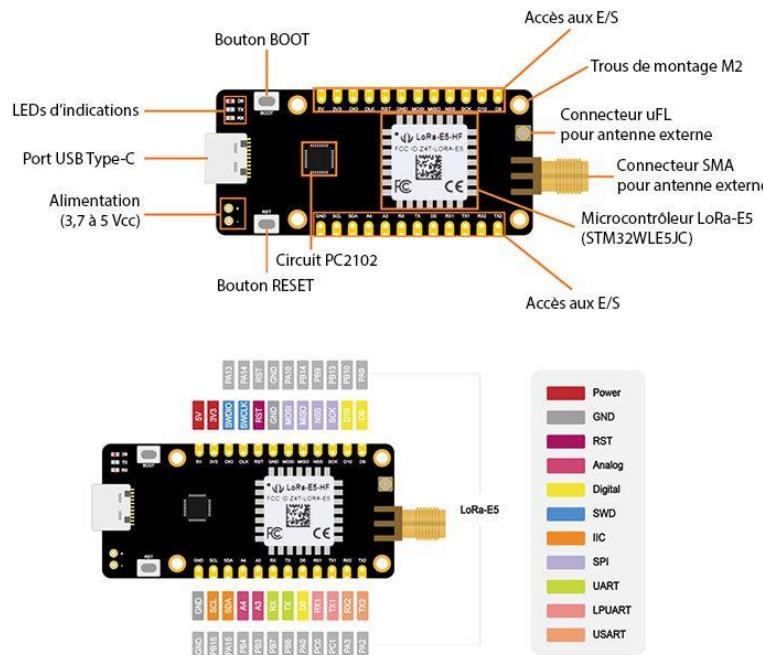
// La fonction write permet d'écrire sur le périphérique avec une adresse de 16 bits et une donnée de 16
// Cette fonction prend en paramètre l'adresse (add) et les données (dat) que l'on souhaite écrire
void vwrite (unsigned short add, unsigned short dat)
{
    unsigned short val16,masque16=0x8000;
    val16=(0x8000)|(add<<8)|dat; // On combine l'adresse et les données dans une variable de 16 bits
                                    //(val16)

    NSEL=0;
    tempo(10);
    for(i=0;i<16;i++) // On itère 16 fois pour envoyer les 16 bits de la variable val16
    {
        if(val16&masque16) SDO=1; // Si le bit correspondant dans val16 est à 1, on envoie un 1 sur la
                                   //broche SDO
        else SDO=0; // Sinon, on envoie un 0 sur la broche SDO
        SCLK=0; tempo(10); // On met la broche SCLK à 0 pour valider le bit envoyé sur SDO et on attend
                           //un court instant
        SCLK=1; tempo(10); // On met la broche SCLK à 1 pour valider la transmission et on attend
                           //un court instant
        masque16=masque16>>1; // On décale la masque d'un bit vers la droite pour passer au bit
                               //suivant
    }
    SCLK=0;SDO=0;tempo(10);NSEL=1;tempo(5000); // On met les broches à l'état initial pour terminer
                                                 //la transmission ainsi qu'une tempo.
}

```

protocole de SPI

LoRa E5 Module de réception



- Commande importante :

+AT (Config périphérique)

AT+MODE=TEST (Mode teste)

AT+TEST=RXLRPKT (Rx: Sortie, Lr: LoRa, Pkt: Paquet)

AT+TEST=? (Demande des prérequis)

**+TEST: RFCFG F:868MHz, SF7, BW125K, TXPR:8,
POW: 14dBm, CRC: ON, IQ: OFF, NET: OFF**

```
//FREQUENCE
writet(0x06, 0xD9);
tempo(10);
writet(0x07, 0x00);
tempo(10);

//MODE SLEEP
writet(0x01, 0x00);
writet(0x01, 0x80);
tempo(10);

//PA BOOST PIN 8F
writet(0x09, 0x8F);
tempo(10);

//STANDBY
writet(0x01, 0x81);
tempo(100);

//FifoaddrPtr
writet(0x0D, 0x80);
tempo(100);

//ECRITURE
writet(0x00, 0x55);
tempo(100);
writet(0x00, 0xA);
tempo(100);
```

On attribue la fréquence 868 MHz

Registre device MODE Sleep

Registre device MODE 0x08 soit 100 Frequency synthesis RX

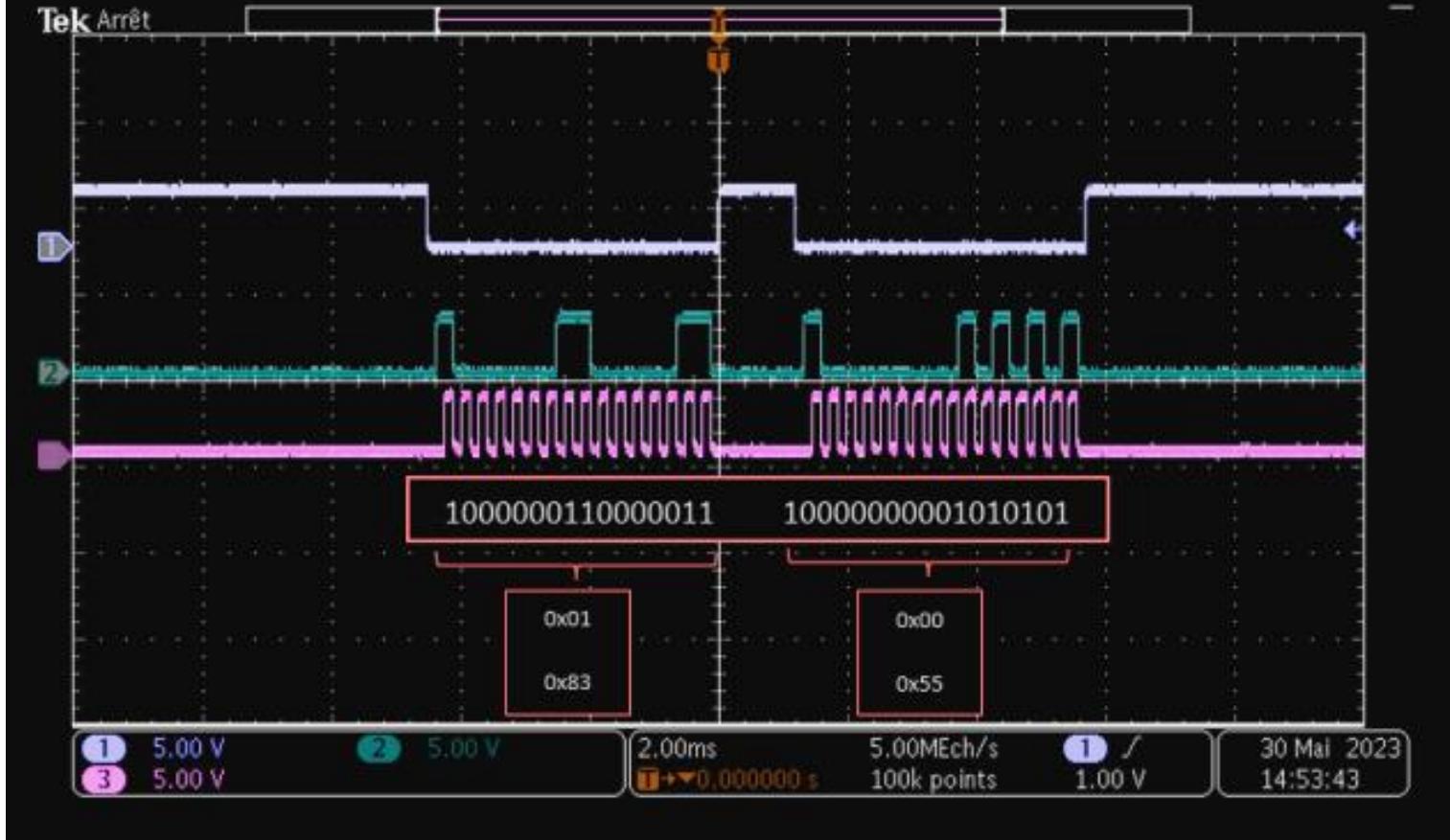
Prérequis compatibilité

Validation du protocole de transmission

Message Reçu :

```
11:41:29.164 -> +TEST: LEN:1, RSSI:-97, SNR:11  
11:41:29.164 -> +TEST: RX "55"
```

Message Envoyer :



```

//Payload bit number
write(0x22, 0x01);

//spreading factor
//write(0x1E, 0x84);

while(1) // Boucle
{
    //Config carte
    write(0x01, 0x83);
    tempo(100);
    //ECRITURE
    write (0x00, 0x01);
    tempo (10);
    //write (0x00, 0x35);
    tempo(10000);

}

void tempo ( unsigned int t)//Fonction
{
    unsigned int i; // Nous décl
    for(i=0;i<t;i++) // Nous cré
}

```

TSE2

- Fonction WRITE
- Header Files
- Source Files
 - Fonction WRI...
 - LoRa E5.c
 - Lora Envoie
 - Teste Fonct...

```

tempo(100);
//FifoaddrPtr
write (0x0D, 0x80);
tempo(100);
//Mode F

//Payload bit number
write(0x22, 0x01);

//spreading factor
//write(0x1E, 0x84);

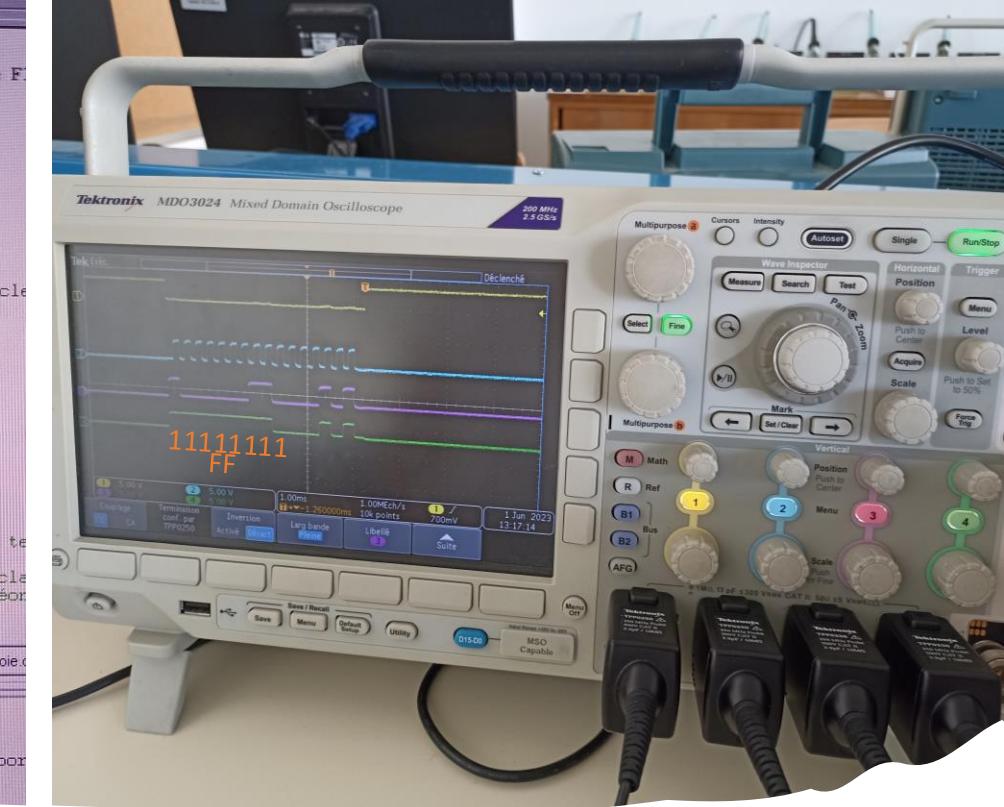
while(1) // Boucle
{
    //Config carte
    write(0x01, 0x83);
    tempo(100);
    //ECRITURE
    write (0x00, 0x01);
    tempo (10);
    //write (0x00, 0x35);
    tempo(10000);

}

void tempo ( unsigned int t)//Fonction
{
    unsigned int i; // Nous décl
    for(i=0;i<t;i++) // Nous cré
}

Program Size: data=11.0 xdata=0 code=293
LINK/LOCATE RUN COMPLETE. 0 WARNING(S), 0 ERROR(S)
Downloading: C:\Users\bts2-g1\Documents\PROJET BIRO\Silicon Labor
Checksum: 0x751b
Download successful.

```



Validation du protocole Emission-Réception avec l'aide d'un membre groupe 3

FIN DE LA PRESENTATION

- Merci à Mr mon professeur
- MERCI de VOTRE ATTENTION

