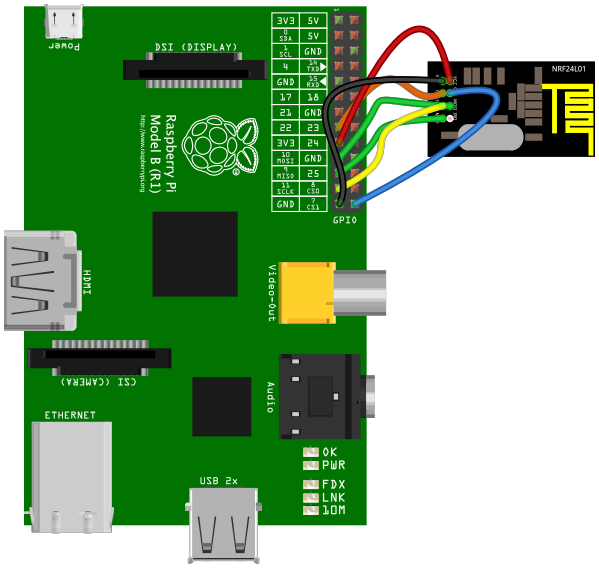
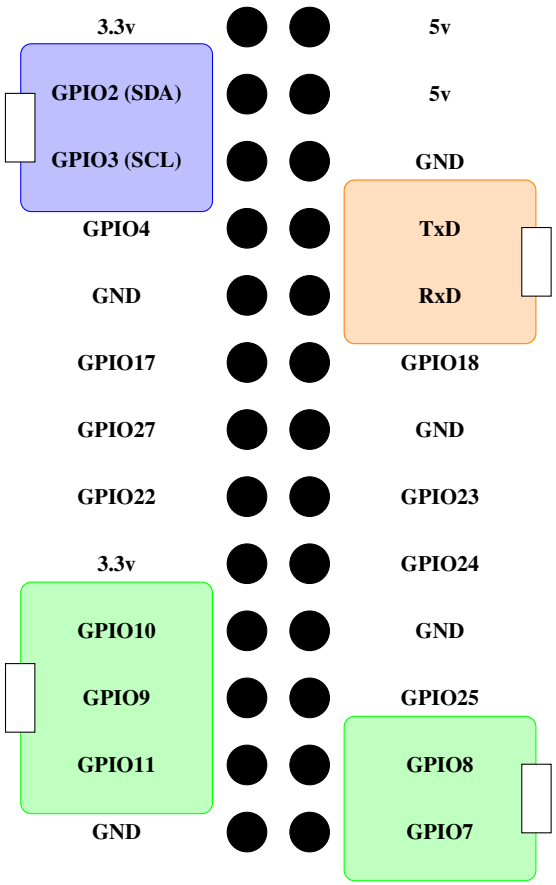
Communication dans un MANet basé sur des Raspberry Pi & radio nRF24L01

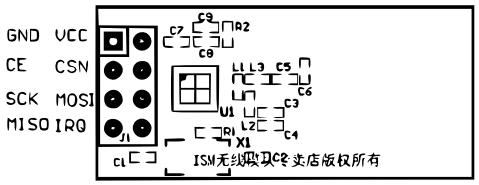
Connexion du composant nRF24L01 au Raspberry PI



Les broches « GPIOS » du Raspberry Pi



Version non sérigraphiée du nRF24L01 :



Vous devez localiser la broche entourée d'un carré.

Les correspondances entre broches du Raspberry Pi et du nRF24L01 :

nRF24L01	Raspberry PI	*Usage*
IRQ	GPIO17	*non utilisée*
CE	GPIO22	*8ème en partant du haut*
VCC	3.3v	*juste en dessous*
MO	GPIO10	*juste en dessous*
MI	GPIO9	*juste en dessous*
SCK	GPIO11	*juste en dessous*
GND	GND	*juste en dessous*
CSN	GPIO7	*juste à côté*

Activer le bus SPI sur le Raspberry PI

xterm
```
$ sudo raspi-config
```

Sélectionner l'option nº9 « *Advanced Options* » :

xterm
```
 Raspberry Pi Software Configuration Tool (raspi-config)

    1 Expand Filesystem              Ensures that all of the SD card s
    2 Change User Password           Change password for the default u
    3 Boot Options                   Choose whether to boot into a des
    4 Wait for Network at Boot       Choose whether to wait for networ
    5 Internationalisation Options   Set up language and regional sett
    6 Enable Camera                  Enable this Pi to work with the R
    7 Add to Rastrack                Add this Pi to the online Raspber
    8 Overclock                      Configure overclocking for your P
    9 Advanced Options               Configure advanced settings
    0 About raspi-config             Information about this configurat

                    <Select>                    <Finish>
```

puis les options « *A6 SPI* », « *enable SPI* », « *load kernel module by default* », « *Finish* » et « *Reboot* » :

xterm
```
 Raspberry Pi Software Configuration Tool (raspi-config)

    A1 Overscan                      You may need to configure oversca  ↑
    A2 Hostname                      Set the visible name for this Pi
    A3 Memory Split                  Change the amount of memory made
    A4 SSH                           Enable/Disable remote command lin
    A5 Device Tree                   Enable/Disable the use of Device
    A6 SPI                           Enable/Disable automatic loading
    A7 I2C                           Enable/Disable automatic loading
    A8 Serial                        Enable/Disable shell and kernel m
    A9 Audio                         Force audio out through HDMI or 3
    AA GL Driver                     Enable/Disable experimental deskt  ↓

                    <Select>                    <Back>
```

Pour mettre à jour le firmware du Raspberry, ❸, et son système d'exploitation, ❶ et ❷ :

pi@raspberry
```
❶ $ sudo apt-get update
❷ $ sudo apt-get upgrade
❸ $ sudo rpi-update
  $ sudo reboot
```

Configuration logicielle pour le projet

Installation de la bibliothèque de gestion du composant nRF24L01 :

xterm
```
$ git clone https://git.p-fb.net/pef/RF24.git
$ cd RF24/RF24
$ sudo make install
$ cd examples
$ make
$ sudo ./gettingstarted
```

Pour l'installation de la bibliothèque « PyCrypto » :

xterm
```
$ sudo apt-get install python-dev
$ sudo apt-get install python-setuptools
$ sudo easy_install pip
$ sudo pip install pycrypto
```

Création d'un programme de « communication » entre Raspberry PI & nRF24L01

Nous allons écrire un programme, `send_receive`, de dialogue entre deux terminaux mobiles où chaque terminal pourra communiquer avec l'autre de **manière alternée** suivant un protocole préétabli.
Nous pouvons concevoir le programme de la manière suivante :

1. le composant radio nRF24L01 est configuré :
   - choix du canal de communication ;

Canal	Frequence (Mhz)	Description
0 à 82	2400 à 2482	autorisé mais bruité (conflits avec les réseaux WiFi Bluetooth etc.)
83 à 99	2483 à 2499	non autorisé pour les mobiles
100	2500	restreint
101 à 119	2501 à 2519	autorisé
120 à 125	2520 à 2525	restreint

   En cas d'utilisation de 2Mbps, la transmission utilise 2 canaux simultanément.
   - de la puissance d'émission ;
   - du nombre de tentative de réémission en cas d'échec ;
   - des adresses source et destination (pour la bibliothèque RF24, le lien est un « pipe ») ;

```
// Setup for GPIO 22 CE and CE1 CSN with SPI Speed @ 8Mhz
RF24 radio(RPI_V2_GPIO_P1_15, RPI_V2_GPIO_P1_26, BCM2835_SPI_SPEED_8MHZ);

// Radio pipe addresses for the 2 nodes to communicate.
const uint64_t pipes[2] = { 0xF0F0F0F0E1LL, 0xF0F0F0F0D2LL };

int main(int argc, char** argv)
{
  // Setup and configure rf radio
  radio.begin();
  radio.enableDynamicPayloads();
  radio.setRetries( 5,15);
  radio.setChannel(0x4c);
  radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
  // To transmit
  radio.openWritingPipe(pipes[0]);
  radio.openReadingPipe(1,pipes[1]);
```

2. le programme effectue une boucle sur l'entrée clavier pour lire une commande de l'utilisateur :
   - commande « 1 », pour l'envoi :
     - bascule du composant radio nRF24L01 en mode envoi ;
     - envoi du message et gestion des acquittements/réémissions automatiques grâce au mode « *Shockburst ™* » du composant ;
   - commande « 2 », pour la réception :
     - passage en mode d'attente de réception ;
     - reception d'un message et écriture du contenu sur le canal non bufferisé `stderr`.

```
radio.startListening();
radio.read(message, sizeof(char)*32);
fprintf(stderr,"%s", message);
```

Encapsulation du « send_receive » dans Python

Il est possible de contrôler le programme de communication conçu précédemment dans un programme Python pour lui permettre de contrôler les messages en entrée comme en sortie du module radio, grâce au code suivant :

```
#!/usr/bin/python

import subprocess, os, pty

p = subprocess.Popen(["./send_receive"],stderr=subprocess.PIPE,stdin=subprocess.PIPE,buf
size=0)
message="hello"
# Envoi de la variable message
p.stdin.write("1\n')
p.stdin.write(message+'\n')
# reception d'un message
message =''
p.stdin.write("2\n')
message = p.stderr.readline()
print message.rstrip('\n')
```

On utilise le canal de sortie d'erreur qui est non bufferisé.

Travail

1 – Vous étudierez et répondrez aux questions suivantes :

a. le canal par défaut est indiqué par la valeur `0x4c`, à quelle fréquence correspond-t-il ?

b. l'utilisation du canal de communication : partage ou non entre tous les terminaux présents dans la salle de TP ?

c. l'usage des adresses d'émission et de réception des messages ;
   - ◇ la bande passante et la vitesse de transmission en rapport avec le taux d'erreur et la sensibilité ?
   - ◇ possibilité de broadcast ?
   - ◇ gestion des collisions ?

d. La gestion des bascule « mode émetteur »/« mode récepteur » : Est-elle nécessaire ? Est-elle immédiate ?

e. les possibilités de routage entre raspberry :
   - ◇ réseau « *single hop* » *vs* « *multi-hop* » ;
   - ◇ portée radio/découverte des voisins/relais des échanges.

Vous vous aiderez de la documentation du composant nRF24L01 accessible à `http://p-fb.net/fileadmin/_migrated/content_uploads/nRF24L01_Product_Specification_v2_0.pdf`

2 – Vous écrirez le code du programme C ou C++, « `send_receive` » réalisant :

▷ la lecture de la commande (1 pour envoi, 2 pour la réception)
▷ la lecture du message dans le cas d'un envoi et son envoi par le nRF24L01 ;
▷ la réception et l'affichage sur `stderr` du message dans le cas de la réception.

3 – Vous écrirez un programme Python permettant de faire des échanges sécurisés :

a. vous définierez un format de message (les messages sont limitées à 32 octets) contenant :
   - ◇ le nom de l'expéditeur : 4 octets ;
   - ◇ le nom du destinataire : 4 octets ;
   - ◇ le contenu du message sur au plus 16 octets ;

b. vous testerez l'envoi et la réception de vos messages avec le format indiqué en combinaison du programme Python et du « `send_receive` ».

c. le contenu du message est **chiffré** maintenant.
   Exemple de chiffrement :
   - ◇ limitation des messages à 16 octets à cause du codage en base64 (taille augmentée de 30%)
   - ◇ avec une opération AES en mode CTR, « *counter* », utilisant un secret connu des deux interlocuteurs ;
     Le mode CTR permet de rendre le chiffrement dépendant du numéro de ce compteur : pour une même clé le chiffrement sera différent pour chaque valeur du compteur.

   Attention : pour permettre l'échange du message entre le programme Python et le « chat », votre message devra être encodé en base64 :

xterm
```
>>> import base64
>>> a=base64.encodestring('toto')
>>> a
'dG90bw==\n'
>>> base64.decodestring(a)
'toto'
```

Exemple d'utilisation du chiffrement par block AES en mode compteur :

```
#!/usr/bin/python
from Crypto.Cipher import AES

# le compteur doit etre donne sur 16 octets au travers d'une fonction (ou 24 ou 32)
# le secret doit faire 16 octets
cipher=AES.new('ma cle super secrete d'au moins 16 caracteres'[:16],
   AES.MODE_CTR,counter=lambda : "0"*16)
# le chiffre est une sequence de 16 octets
chiffre=cipher.encrypt("A"*16)
```