

La carte Raspberry Pi

K. Boudjelaba

BTS CIEL – IR, 1ère année



Définitions

Caractéristiques du Raspberry Pi 3-Modèle B+

Installation du système d'exploitation

Précautions à prendre

Les ports GPIO

La bibliothèque Wiring Pi (C++)

Connexion en SSH au Raspberry Pi pour le contrôler depuis un ordinateur

Connexion à distance via VNC (Virtual Network Computing)

Système embarqué

Un système embarqué est un système complexe qui intègre du logiciel et du matériel conçus ensemble afin de fournir des fonctionnalités données. Il contient généralement un ou plusieurs microprocesseurs.

Les systèmes embarqués fonctionnent généralement en Temps Réel : les opérations de calcul sont alors faites en réponse à un événement extérieur (interruption matérielle) ou à un programme.

Les ordinateurs embarqués sous le système d'exploitation Linux sont massivement présents dans les technologies modernes (transports, multimédia, téléphonie mobile ...).

Raspberry Pi

Le Raspberry Pi est un nano-ordinateur équipé d'un processeur ARM. Il permet l'exécution de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux (Ex. Debian) sur carte SD destiné à des applications d'informatique embarquée.

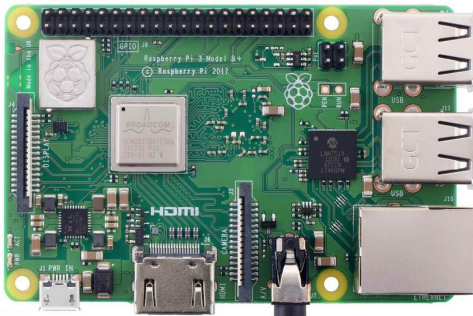


Figure 1: Carte Raspberry Pi

Attention: il s'agit de matériel fragile, à manipuler avec précaution.
Le Raspberry Pi n'est pas une carte Arduino.

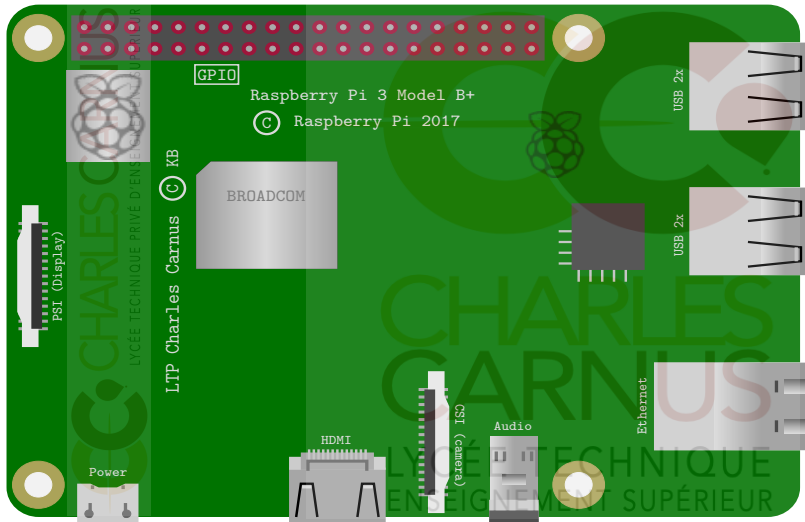


Figure 2: Carte Raspberry Pi – Les différents ports E/S

Connectivité

- Sans fil : Une puce réseau combinant du Bluetooth 4.2 BLE et du Wi-Fi Dual Band b/g/n/ac pour plus de rapidité et de moins de latences.
- Filaire : Un port Gigabit Ethernet.

Caractéristiques

- Processeur ARM Cortex A53
- Lecteur de carte micro-SD
- Header GPIO 40 broches
- Support du boot PXE
- Port caméra CSI pour connecter la caméra Raspberry Pi
- Port d'affichage DSI pour connecter l'écran tactile Raspberry Pi
- 4 ports USB 2.0
- 1 prise jack
- Alimentation 5V / 2.5A (transformateur non fourni).

Installation du système d'exploitation

Raspbian

Raspbian est un système d'exploitation libre basé sur la distribution GNU/Linux Debian, et optimisé pour la carte Raspberry Pi.

Raspbian ne fournit pas simplement un système d'exploitation basique, il est aussi livré avec plus de 35 000 paquets, c'est-à-dire des logiciels pré-compilés livrés dans un format optimisé, pour une installation facile sur la carte Raspberry Pi via les gestionnaires de paquets.

Par ailleurs, en tant que distribution dérivée de Debian, il répond à la majeure partie de la très vaste documentation de Debian.

Méthode 1 : Étapes à suivre

- ▶ Carte microSD : la carte doit être formatée en FAT32 et de capacité minimale de 8 Go (cette carte SD sera le disque de démarrage de la carte Raspberry Pi)
- ▶ Télécharger **RASPBIAN** (actuellement appelé Raspberry Pi OS) sur le site officiel de Raspberry Pi et décompresser le fichier téléchargé

Raspberry Pi OS

Our recommended operating system for most users.

Compatible with:

[All Raspberry Pi models](#)



Raspberry Pi OS with desktop

Release date: October 30th 2021

Kernel version: 5.10

Size: 1.148MB

[Show SHA256 file integrity hash:](#)

[Release notes](#)

[Download](#)

[Download torrent](#)

Raspberry Pi OS with desktop and recommended software

Release date: October 30th 2021

Kernel version: 5.10

Size: 3.045MB

[Show SHA256 file integrity hash:](#)

[Release notes](#)

[Download](#)

[Download torrent](#)

Raspberry Pi OS Lite

Release date: October 30th 2021

Kernel version: 5.10

Size: 463MB

[Show SHA256 file integrity hash:](#)

[Release notes](#)

[Download](#)

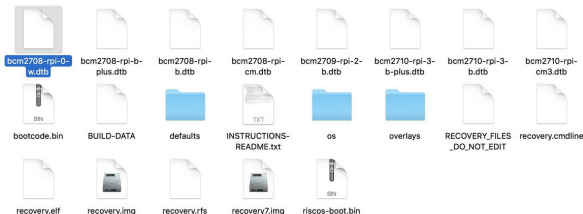
[Download torrent](#)

Méthode 1 : Étapes à suivre (suite)

- ▶ Copier les fichiers décompressés sur la carte microSD et éjecter correctement la carte de l'ordinateur
Pour optimiser cette étape (copier les fichiers sur la carte SD), il est conseillé d'utiliser le logiciel Etcher à télécharger et à installer sur l'ordinateur à partir de <https://www.balena.io/etcher/>
- ▶ Insérer la carte microSD dans le logement prévu sur le Raspberry Pi.
- ▶ Connecter un clavier, une souris, un écran aux ports USB du Raspberry
- ▶ Brancher l'alimentation électrique micro USB. Cette action met sous tension et démarre automatiquement le Raspberry Pi.
- ▶ Sélectionner l'OS à installer
- ▶ Changer la langue du clavier si nécessaire. Menu → Préférences → clavier et souris
- ▶ On peut connecter la carte à internet en filaire ou en wifi si nécessaire ...

Méthode 2 : Étapes à suivre

- ▶ Carte microSD : la carte doit être formatée en FAT32 et de capacité minimale de 8 Go (cette carte SD sera le disque de démarrage de la carte Raspberry Pi)
- ▶ Télécharger **NOOBS (NOOBS_v3_8_1.zip)** sur le site officiel de Raspberry Pi - rubrique Download ou **NOOBS (choisir la dernière version)**
- ▶ Extraire les fichiers de l'archive .zip de Noobs. Ouvrir le fichier .zip de NOOBS téléchargé.
- ▶ Copier le contenu de l'archive de Noobs sur la carte SD formatée.



Copier tous ces fichiers à la racine de la carte SD.

Méthode 2 : Étapes à suivre (suite)

- ▶ Installer Raspbian grâce à Noobs.
 1. Insérer la carte SD contenant Noobs dans le Raspberry Pi.
 2. Connecter un clavier, une souris, un écran aux ports USB du Raspberry.
 3. Brancher l'alimentation électrique micro USB. Cette action met sous tension et démarre automatiquement le Raspberry Pi.
 4. Raspberry Pi devrait booter sur l'utilitaire NOOBS et afficher une liste d'OS disponibles à installer.
 5. Sélectionner l'OS à installer : Choisir Raspbian Full [RECOMMENDED] et cliquer sur "Install" ou appuyer sur le raccourci "i".
- ▶ Changer la langue du clavier si nécessaire. Menu → Préférences → clavier et souris
- ▶ On peut connecter la carte à internet en filaire ou en wifi si nécessaire ...

Installation du système d'exploitation

Méthode 3 : Étapes à suivre

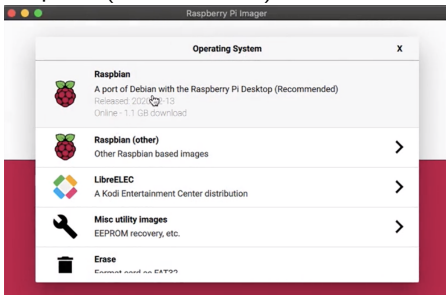
- ▶ Carte microSD : la carte doit être formatée en FAT32 et de capacité minimale de 8 Go.
- ▶ Télécharger sur l'ordinateur, Raspberry Pi Imager pour faciliter l'installation du Raspberry Pi OS sur le Raspberry Pi : [Raspberry Pi Imager](#)
- ▶ Installer Raspberry Pi Imager sur l'ordinateur.
- ▶ Installation de l'OS sur la carte SD
 1. Insérer la carte SD dans le lecteur de l'ordinateur
 2. Lancer Raspberry Pi Imager



Méthode 3 : Étapes à suivre (suite)

L'installation va se dérouler en trois étapes : Choix du système, choix de la carte, lancement de l'écriture.

3. Choisir l'OS à installer : Cliquer sur le premier bouton (CHOOSE OS), et une liste déroulante des systèmes installables va s'afficher, cliquer sur Raspbian (Recommended).



4. Choisir la carte SD : cliquer sur le deuxième bouton (CHOOSE SD CARD) et une liste des clés USB/cartes SD branchées au PC va apparaître. Cliquer sur la carte SD disponible dans la liste.

Méthode 3 : Étapes à suivre (suite)

5. Lancer l'écriture sur la carte : Le bouton "Write" tout à droite n'est désormais plus grisé, il ne reste qu'à cliquer dessus et attendre la fin de l'installation.



Une barre de progression indique l'avancement de l'écriture, il ne reste plus qu'à attendre la fin et à retirer la carte du PC.

Ces étapes sont disponibles sur [cette vidéo](#)

Installation du système d'exploitation

Méthode 3 : Étapes à suivre (suite)



- ▶ Insérer la carte microSD dans le logement prévu sur le Raspberry Pi.
- ▶ Connecter un clavier, une souris, un écran aux ports USB du Raspberry
- ▶ Brancher l'alimentation électrique micro USB.
- ▶ Changer la langue du clavier si nécessaire. Menu → Préférences → clavier et souris
- ▶ On peut connecter la carte à internet en filaire ou en wifi si nécessaire ...

Important : Précautions à prendre

Important

1. Connecter un clavier, une souris, un écran aux ports USB du Raspberry.
2. Pour allumer le Raspberry, il suffit de brancher son alimentation (munie d'un connecteur micro USB) au secteur.
3. Une fois le Raspberry branché au secteur, ne pas le débrancher sous aucun prétexte. Il faut attendre le démarrage complet du Raspberry pour l'éteindre.
4. Pour éteindre le Raspberry, soit :
 - En cliquant sur l'icône Raspberry (framboise) dans le coin supérieur gauche de l'écran et en choisissant Déconnexion (Logout). Dans le menu suivant, on peut choisir Arrêter (Shutdown), Redémarrer (Reboot) ou Déconnexion (Logout). Voir la figure 3. Le Raspberry est éteint lorsque la LED rouge est éteinte.

Important

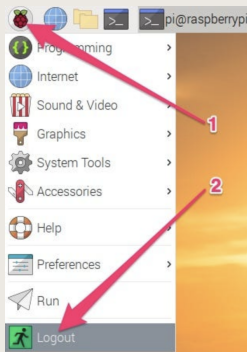


Figure 3: Etapes à suivre pour éteindre le Raspberry Pi

- Ou en ouvrant le terminal et en tapant : `sudo shutdown -h now`
- 5. Quand le Raspberry est complètement éteint, on peut débrancher l'alimentation du secteur.

Les ports GPIO

La Raspberry Pi possède des ports appelés GPIO (General Purpose Input/Output, Entrées/Sorties pour un usage générique). Ces ports mettent à notre disposition de nombreuses entrées-sorties, une alimentation, un port SPI, un port I2C, et un port série. Les figures 4 et 5 montrent le port GPIO de la carte.

Les ports GPIO

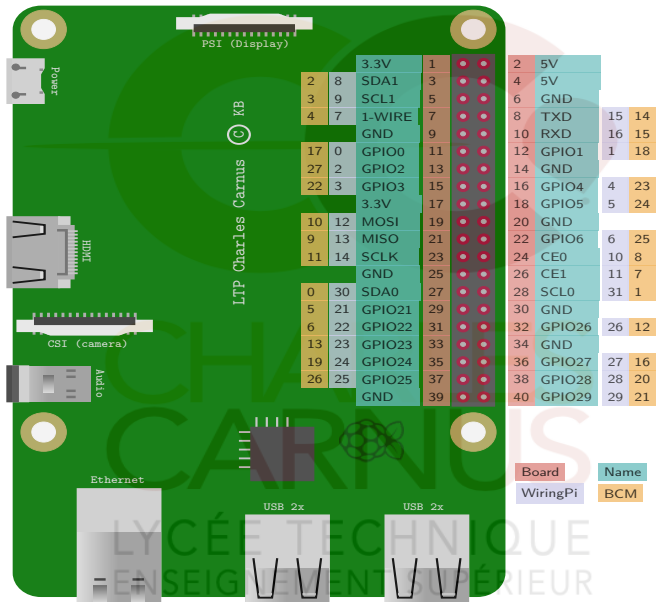


Figure 4: Les ports GPIO

Les ports GPIO

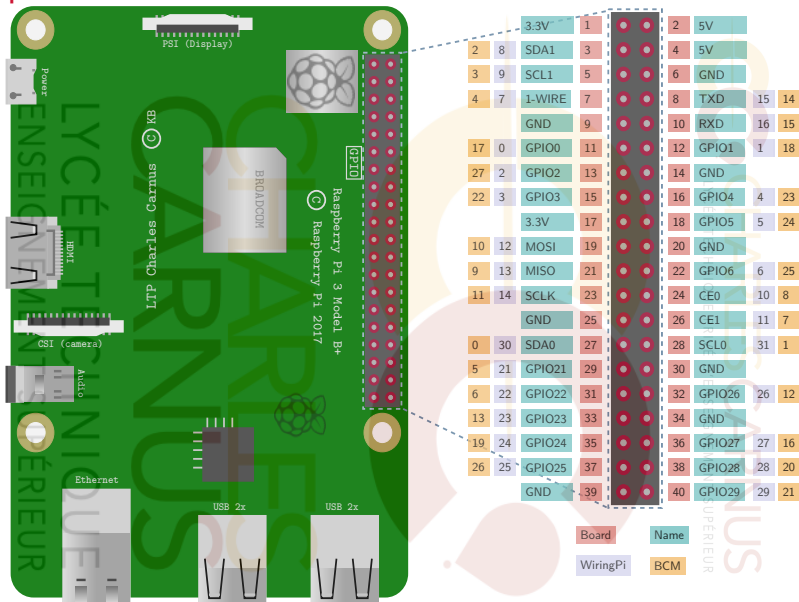


Figure 5: Les ports GPIO

Les cartes Raspberry Pi 3 - modèle B+ disposent de 40 connectiques GPIO, qui se divisent en différentes catégories avec des usages spécifiques : Voir la figure 6.

- ▶ Power + : Alimentation électrique continue
- ▶ GND : Ground (masse, retour à la terre)
- ▶ I2C : Protocole série synchrone
- ▶ SPI : Autre protocole série synchrone
- ▶ UART : Protocole asynchrone + conversion communication série vers parallèle
- ▶ GPIO : Port général qui peut éventuellement être transformé en I2C ou SPI.

Les ports GPIO sont numérotés de 1 à 40, en partant du haut à gauche quand on tient la Raspberry Pi ports GPIO à droite. C'est le mode de numérotation dit "BOARD". Un autre mode de numérotation existe, qui repose sur l'adressage processeur, appelé mode "BCM".

Les ports GPIO

BCM (Broadcom SOC Channel)	WiringPi	Name	Physical (BCM43438)		Name	WiringPi	BCM (Broadcom SOC Channel)
		3.3V	1	2	5V		
2	8	SDA.1	3	4	5V		
3	9	SCL.1	5	6	GND		
4	7	1-WIRE	7	8	TXD	15	14
		GND	9	10	RXD	16	15
17	0	GPIO.0	11	12	GPIO.1	1	18
27	2	GPIO.2	13	14	GND		
22	3	GPIO.3	15	16	GPIO.4	4	23
		3.3V	17	18	GPIO.5	5	24
10	12	MOSI	19	20	GND		
9	13	MISO	21	22	GPIO.6	6	25
11	14	SCLK	23	24	CE0	10	8
		GND	25	26	CE1	11	7
0	30	SDA.0	27	28	SCL.0	31	1
5	21	GPIO.21	29	30	GND		
6	22	GPIO.22	31	32	GPIO.26	26	12
13	23	GPIO.23	33	34	GND		
19	24	GPIO.24	35	36	GPIO.27	27	16
26	25	GPIO.25	37	38	GPIO.28	28	20
		GND	39	40	GPIO.29	29	21

Figure 6: Les ports GPIO

La bibliothèque Wiring Pi (C++)

La bibliothèque Wiring Pi (C++)

Le langage le plus largement utilisé sur Raspberry Pi est Python mais, étant un micro-ordinateur, il est possible de l'utiliser avec d'autres langages comme le langage C/C++ et de piloter le Raspberry Pi en C/C++ (Comme Arduino par exemple).

Lors de l'utilisation de GPIO en Python, l'utilisateur importe la bibliothèque GPIO, crée certaines variables, configure les broches, lance le programme et le GPIO commence à fonctionner.

Pour C++, la tâche n'est pas aussi simple et repose sur des flux de fichiers complexes. Heureusement, il existe une bibliothèque appelée "Wiring Pi" qui rend l'interfaçage avec GPIO beaucoup plus facile (cette bibliothèque, par défaut, est fournie avec les anciennes versions de Raspbian).

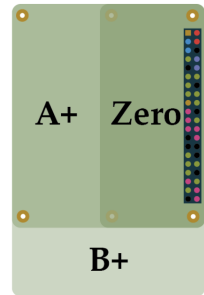
Numérotation des pin (broches) dans Wiring Pi

Le numéro de broche dans Wiring Pi n'est pas simple car le concepteur de la bibliothèque a utilisé un schéma de numérotation de câblage qui ne fait référence ni au numéro GPIO ni au numéro de broche. Car les premiers Raspberry ont 8 broches GPIO utilisables numérotées de 0 à 8 et les versions ultérieures ont beaucoup plus de GPIO avec leurs noms et leur numérotation modifiés.

Les figures 4, 5, 6 et 7 donnent les numéros de broches des ports GPIO.

La bibliothèque Wiring Pi (C++)

3v3 Power	1		2	5v Power
GPIO 2 (WiringPi 8)	3		4	5v Power
GPIO 3 (WiringPi 9)	5		6	Ground
GPIO 4 (WiringPi 7)	7		8	GPIO 14 (WiringPi 15)
Ground	9		10	GPIO 15 (WiringPi 16)
GPIO 17 (WiringPi 0)	11		12	GPIO 18 (WiringPi 1)
GPIO 27 (WiringPi 2)	13		14	Ground
GPIO 22 (WiringPi 3)	15		16	GPIO 23 (WiringPi 4)
3v3 Power	17		18	GPIO 24 (WiringPi 5)
GPIO 10 (WiringPi 12)	19		20	Ground
GPIO 9 (WiringPi 13)	21		22	GPIO 25 (WiringPi 6)
GPIO 11 (WiringPi 14)	23		24	GPIO 8 (WiringPi 10)
Ground	25		26	GPIO 7 (WiringPi 11)
GPIO 0 (WiringPi 30)	27		28	GPIO 1 (WiringPi 31)
GPIO 5 (WiringPi 21)	29		30	Ground
GPIO 6 (WiringPi 22)	31		32	GPIO 12 (WiringPi 26)
GPIO 13 (WiringPi 23)	33		34	Ground
GPIO 19 (WiringPi 24)	35		36	GPIO 16 (WiringPi 27)
GPIO 26 (WiringPi 25)	37		38	GPIO 20 (WiringPi 28)
Ground	39		40	GPIO 21 (WiringPi 29)



- GPIO (General Purpose IO)
- SPI (Serial Peripheral Interface)
- I²C (Inter-integrated Circuit)
- UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)
- PCM (Pulse Code Modulation)
- Ground
- 5v (Power)
- 3.3v (Power)

Figure 7: Numérotation des pin (broches) dans Wiring Pi

Remarques

Les bibliothèques **Wiring Pi** et **PIGPIO** sont les plus utilisées pour piloter les ports GPIO du Raspberry Pi.

La bibliothèque **PIGPIO** est une bibliothèque qui permet de simplifier l'accès aux ports GPIO. Suite à la fin de la bibliothèque **Wiring Pi**, **PIGPIO** est désormais la seule bibliothèque maintenue, vraiment aboutie, pour cette fonctionnalité pour les langages C et C++. Elle fonctionne également en Python, en Node.js ainsi que dans d'autres langages.

Sur les versions récentes de Raspbian (Raspberry Pi OS), la bibliothèque **PIGPIO** est déjà préinstallée.

Connexion en SSH au Raspberry Pi pour le contrôler depuis un ordinateur

Connexion en SSH au Raspberry Pi pour le contrôler depuis un ordinateur

SSH

SSH (Secure SHell) désigne à la fois un logiciel et un protocole de communication informatique. Ce protocole possède par ailleurs la particularité d'être entièrement chiffré (toutes les commandes exécutées via SSH sont totalement secrètes).

SSH a été créé pour permettre la prise de contrôle à distance d'une machine à travers une interface en lignes de commande.

Installation

L'installation de SSH se découpe en deux parties. En effet, on a besoin d'un côté d'un serveur SSH sur le Raspberry Pi et d'un autre d'un client SSH sur l'ordinateur. Le premier recevra les commandes à lancer tandis que le second les enverra.

Connexion en SSH au Raspberry Pi pour le contrôler depuis un ordinateur

Activer le serveur SSH sur le Raspberry Pi : méthode 1

- Activer SSH depuis le Raspberry Pi, dans le cas où on dispose d'un écran et d'un clavier.

Ouvrir un terminal et taper la commande suivante :

```
sudo raspi-config
```

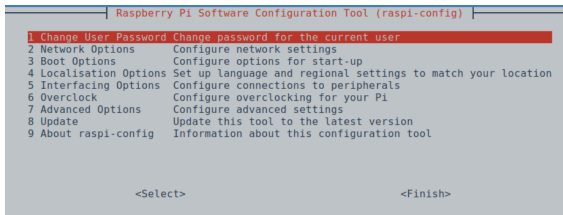


Figure 8: raspi-config

Aller dans la partie "Interfacing Options" et choisir la ligne SSH, puis "Yes".

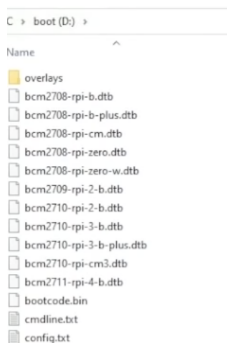
Connexion en SSH au Raspberry Pi pour le contrôler depuis un ordinateur

Activer le serveur SSH sur la Raspberry Pi : méthode 2 (V1)

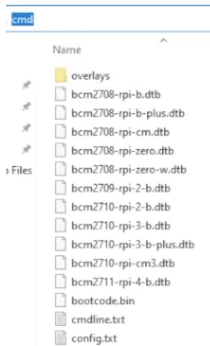
- ▶ Ou activer SSH depuis l'ordinateur en créant un fichier sur la carte SD. Dans ce cas, on a besoin d'un ordinateur et d'un lecteur de carte SD.
 1. Insérer la carte SD de votre Raspberry Pi dans un ordinateur et accéder à la partition boot, qui est d'ailleurs la seule accessible depuis Windows.
 2. Créer un fichier nommé ssh dans la partition boot de la carte (sans extension, pas de contenu, juste un fichier vide nommé ssh).
 3. Maintenant, il faut retirer la carte de l'ordinateur, remettre la carte dans le Raspberry Pi, allumer celui-ci.

Connexion en SSH au Raspberry Pi pour le contrôler depuis un ordinateur

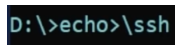
Activer le serveur SSH sur la Raspberry Pi : méthode 2 (V2)



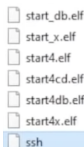
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 9: Méthode 2 : à partir du terminal de l'ordinateur

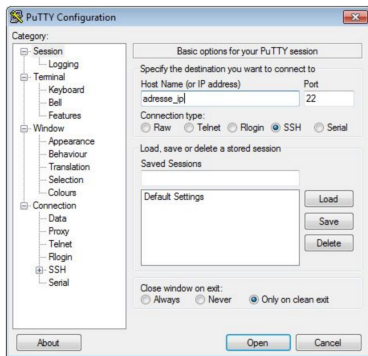
Connexion en SSH au Raspberry Pi pour le contrôler depuis un ordinateur

Installer le client SSH sur un ordinateur

Installer le **logiciel Putty** qui est un client SSH.

Utiliser SSH pour se connecter à la Raspberry Pi

Lancer Putty et remplir les informations comme sur la figure 10.



Remplacer "adresse_ip" par l'adresse IP ou l'URL du serveur.

Le numéro du port (22) est le port par défaut de SSH.

Cliquer sur le bouton "Open".

Une fenêtre de console s'ouvre en demandant le nom d'utilisateur puis son mot de passe. Une fois ceci fait, la connexion est établie avec le Raspberry Pi, il suffit de taper "exit" pour quitter la connexion.

Figure 10: Interface de connexion SSH avec Putty

Connexion à distance via VNC (Virtual Network Computing)

Connexion à distance via VNC (Virtual Network Computing)

Configuration du Raspberry Pi

Dans le terminal, entrer la commande `$ sudo raspi-config`

Dans le [Menu](#), sélectionner [Interfacing Options](#)

Puis [VNC](#), sélectionner [Oui](#) pour permettre la connexion via le serveur VNC.

L'icône de VNC apparaît alors dans la barre de tâche en haut à droite.

Cliquer dessus pour ouvrir le serveur VNC et retrouver l'adresse IP, l'état de la connexion et les informations de sécurité.

Installation du logiciel VNC Viewer

Sur l'ordinateur, télécharger et installer [le logiciel VNC Viewer](#).

Une fois le logiciel installé, ouvrez-le. Il suffit alors de renseigner l'adresse IP du Raspberry Pi puis valider. Entrer le login et le mot de passe pour se connecter au Raspberry Pi.

Connexion à distance via VNC (Virtual Network Computing)

Transfert de fichiers

Un outil intéressant dans VNC est le transfert de fichiers qui permet de récupérer ou de charger des fichiers sur le Raspberry Pi sans avoir à faire des allers-retours entre le PC et le Raspberry avec une carte SD ou une clé USB.

Pour transférer un fichier du PC au Raspberry, cliquer sur l'icône VNC dans la fenêtre du PC en haut à gauche. Sélectionner

Transfrer des fichiers

Sélectionner ensuite le(s) fichier(s) désiré(s).

Pour transférer des fichiers du Raspberry au PC, ouvrir la fenêtre du serveur VNC en cliquant sur l'icône VNC sur la barre de tâche du Raspberry en haut à droite. Puis cliquer sur l'icône Menu en haut à droite et sélectionner Transfert de fichier