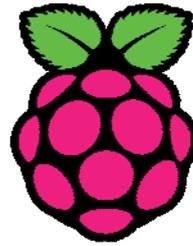
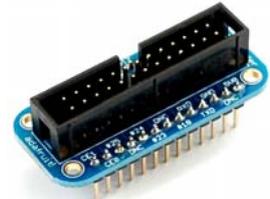


RASPBERRY PI® : LECTEUR MP3 ET RÉPONSE EN FRÉQUENCE DE LA SORTIE AUDIO ANALOGIQUE



RaspberryPi



Objectifs de l'activité pratique :

Découverte du connecteur de prototypage : Pi Cobbler
Présentation du logiciel ALSA
Réponse en fréquence de la sortie audio analogique
Les différents formats de fichiers audio
Création d'un lecteur audio MP3

Support d'activité :

Raspberry Pi® type B avec OS Raspbian installé
Connecteur de prototypage : Pi Cobbler
Haut-parleurs
Internet
Ce document au format PDF

OBSERVATIONS

NOTE : /

DOCUMENTS RÉPONSES

NOMS : _____ / _____ / _____ / _____

GROUPE : _____

DATE : _____

PRÉSENTATION SUCCINCTE DU RASPBERRY PI®

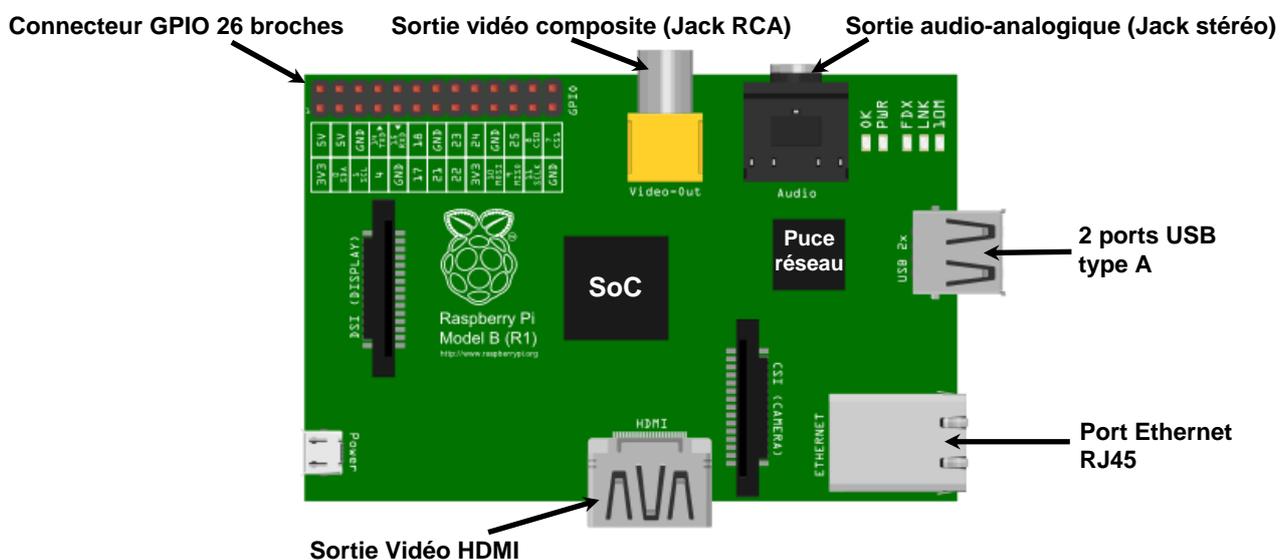
Le Raspberry Pi est une unité centrale d'ordinateur mesurant 56 x 85 mm, environ les dimensions d'une carte de crédit. Ses fonctionnalités n'en restent pas moins impressionnantes, comme vous le découvrirez dans cette activité.

Un petit retour sur l'histoire du Raspberry Pi (surnommé RasPi) et sur sa cible du marché initiale permet d'en comprendre les contraintes et les limitations. Le concept de RasPi a été dévoilé autour de 2006 par Eben Upton et ses collègues de laboratoire d'informatique de l'université de Cambridge, en Angleterre. Ils étaient préoccupés par la baisse de niveau de connaissances et de compétences des nouveaux étudiants en informatique en comparaison de leurs aînés. Eben Upton a alors décidé de créer un ordinateur à faible prix, car il supposait que les parents craignaient de laisser leurs enfants jouer avec des PC modernes relativement coûteux. C'est de cette idée qu'est parti le développement du RasPi très bon marché. Cet ordinateur devait donner aux jeunes l'opportunité d'apprendre et de pratiquer la programmation, sans que leurs parents ne s'inquiètent des dégâts éventuels sur la machine.

Eben Upton a réuni plusieurs personnes pour constituer la fondation Raspberry Pi. Cette association caritative, enregistrée au Royaume-Uni, avait pour objectif de promouvoir l'esprit informatique et l'intérêt pour cette discipline, en particulier chez les plus jeunes, en utilisant le RasPi comme plateforme de départ. Elle semble avoir atteint ce but louable, puisque les ventes du RasPi initialement estimées à 10 000 unités ont été largement dépassées ; elles approchent aujourd'hui le million d'exemplaires. Sur le site de la fondation www.raspberrypi.org, vous trouverez de nombreuses informations sur la carte, son actualité, des forums, des FAQs, etc.

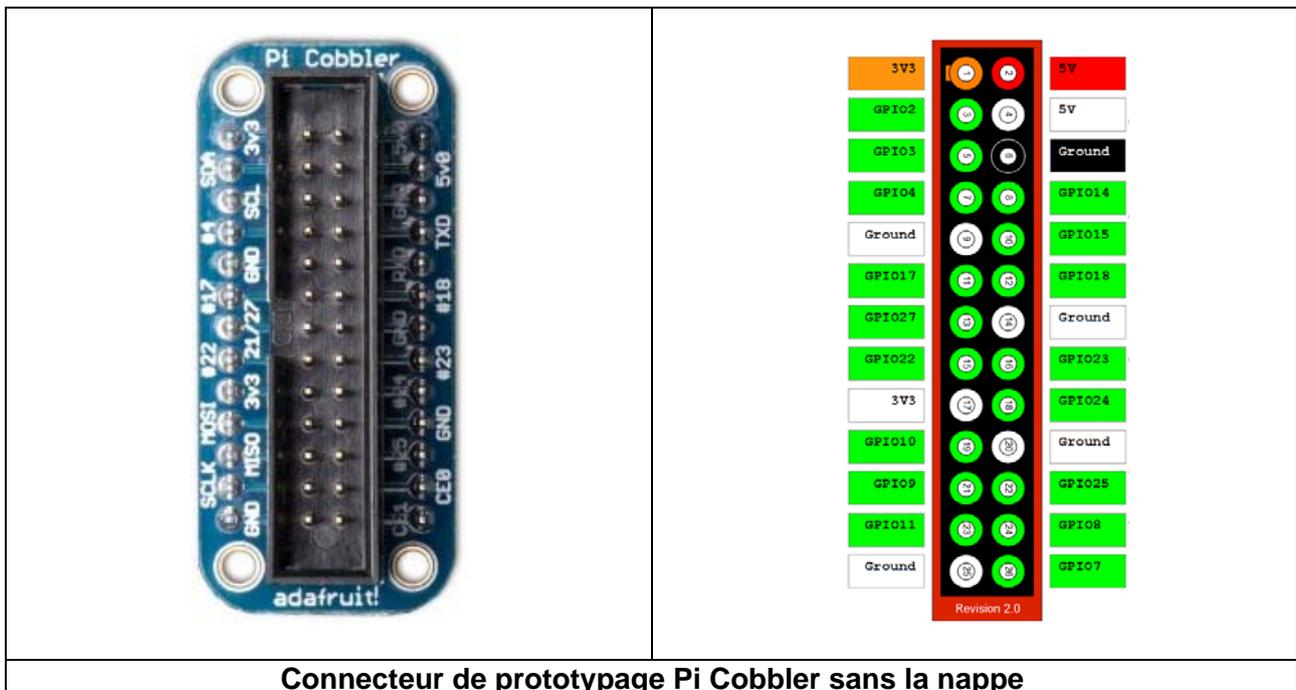
Pour arriver à un ordinateur bon marché, la décision capitale a été d'articuler sa conception autour d'une puce de type SoC (System on a Chip). Dans une telle puce, la mémoire, le microprocesseur et le processeur graphique sont physiquement placés sur la même « galette » de silicium, ce qui permet de réduire la taille du circuit imprimé (PCB : Printed Circuit Board) et le nombre de piste de connexion. La fondation a mis en place un partenariat avec Broadcom de façon à pouvoir exploiter ses schémas de conception, que ce soit pour le microprocesseur ou pour le processeur graphique du SoC.

La puce et les autres composants à connaître, comme les connecteurs sont identifiés sur la figure ci-dessous.



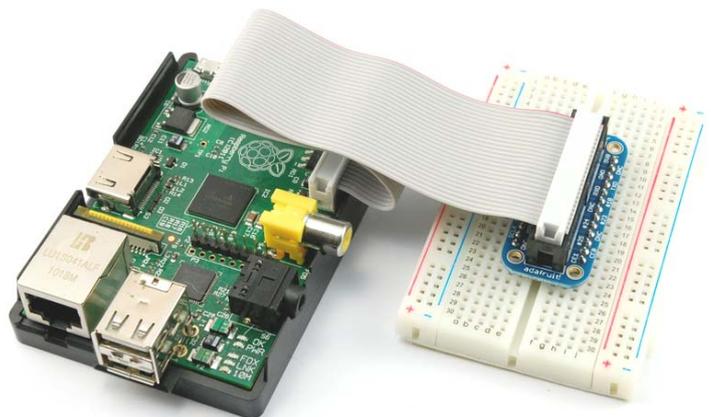
LE CONNECTEUR DE PROTOTYPAGE : PI COBBLER

Vous allez utiliser un composant matériel pour connecter des interrupteurs aux broches GPIO (General Purpose Input Output) du RasPi nommé « Pi Cobbler ». Il s'agit d'un petit circuit imprimé (voir figures ci-dessous) équipé d'un connecteur.



Étant simplement une extension directe du connecteur GPIO, il permet de relier ces broches sur une plaque de développement sans soudure de type « breadboard ».

L'image ci-contre montre un Pi Cobbler enfiché sur une « breadboard » et connecté à un RasPi.



INSTALLATION PHYSIQUE DU RASPI

Question 1 :

Éteindre votre PC de « bureau ».

Débrancher « délicatement » le cordon HDMI du côté PC de « bureau ».

*Brancher ensuite le cordon HDMI sur le RasPi.
Débrancher le clavier et la souris du PC de « bureau ».
Brancher le clavier et la souris sur le RasPi.
Débrancher le câble RJ45 du côté PC de « bureau ».
Brancher le câble RJ45 sur le port Fast Ethernet du RasPi.
Insérer « délicatement » la carte micro SD à l'aide de l'adaptateur sur le RasPi.
Brancher le cordon d'alimentation micro USB sur le RasPi.*

APPELER LE PROFESSEUR POUR VALIDER AVANT DE POURSUIVRE

Alimenter le RasPi.

Une invite apparaît à l'écran (sauf si le démarrage se fait avec le bureau graphique).

pi@raspberrypi-\$

L'invite attend que vous saisissiez un nom d'utilisateur, entrer « **pi** ».

L'invite vous demande ensuite un mot de passe, entrer « **raspberry** ».

Remarques :

Il est possible de revenir sur la configuration en tapant dans le shell : « **sudo raspi-config** ». Entrer ensuite la commande « **startx** », cette commande démarre le menu graphique.

LE LOGICIEL ALSA

ALSA (Advanced Linux Sound Architecture) est le principal pilote audio employé par la plupart des distributions Linux pour le RasPi. Ce logiciel très stable a été largement adopté par les différentes distributions. Il est open-source et activement développé (voir le site : www.alsa-project.org).

Pour être certain de la mise en place des pilotes ALSA sur votre distribution, vous devez exécuter la commande ci-dessous dans une fenêtre de terminal :

sudo modprobe snd-bcm2835

La commande modprobe permet de charger des modules du noyau Linux (LKM, Loadable Kernel Module), ici le pilote audio compatible ALSA nommé « **snd-bcm2835** ».

Il vous faut également examiner le fichier « **modules** » dans le répertoire « **etc** » afin de vérifier que l'entrée « **snd-bcm2835** » est présente.

Ce fichier utilisé au démarrage recense tous les modules qui doivent être chargés par le noyau Linux.

Vous devez maintenant installer le paquet « **alsa-utils** », qui apporte plusieurs applications importantes pour le fonctionnement de l'activité. Son installation se fait à l'aide de la commande « **apt-get** ».

Question 2 :

Installer le paquet « *alsa-utils* ».

Une dernière étape est requise pour que le son soit envoyé sur la sortie audio analogique :
Taper et exécuter la commande ci-dessous dans une fenêtre de terminal :

Sudo amixer cset numid=3 1

L'utilitaire « *amixer* » fait partie du paquet « *alsa-utils* ». Il permet de sélectionner la sortie audio souhaitée. Au démarrage du RasPi, le périphérique de sortie audio HDMI est activé par défaut. La commande précédente permet de rediriger la sortie audio. La signification du numéro indiqué à la fin de la commande est :

0 : sélection automatique ;
1 : sortie analogique
2 : port HDMI.

TEST DE LA SORTIE AUDIO ANALOGIQUE

Question 3 :

Connecter les haut-parleurs à la prise jack de 3,5 mm.
Exécuter la commande ci-dessous :

sudo speaker-test

Vous devez entendre un son émis par les haut-parleurs. Si ce n'est pas le cas, appeler votre professeur.

Le son émis est appelé « bruit rose », il est généré par l'application *speaker-test* disponible dans le paquet ALSA.

L'outil *speaker-test* offre d'autres possibilités que la simple production d'un bruit. Pour de plus amples informations, consulter la page :

<http://manpages.ubuntu.com/manpages/natty/man1/speaker-test.1.html>

RÉPONSE EN FRÉQUENCE DE LA SORTIE AUDIO

La production d'un bruit rose permet de mesurer la réponse en fréquence du système audio analogique du RasPi et donc de vérifier les performances acoustiques du système.

Qu'est-ce-qu'un bruit rose ? Comment le bruit rose permet-il d'aider à déterminer la réponse fréquentielle d'un système ?

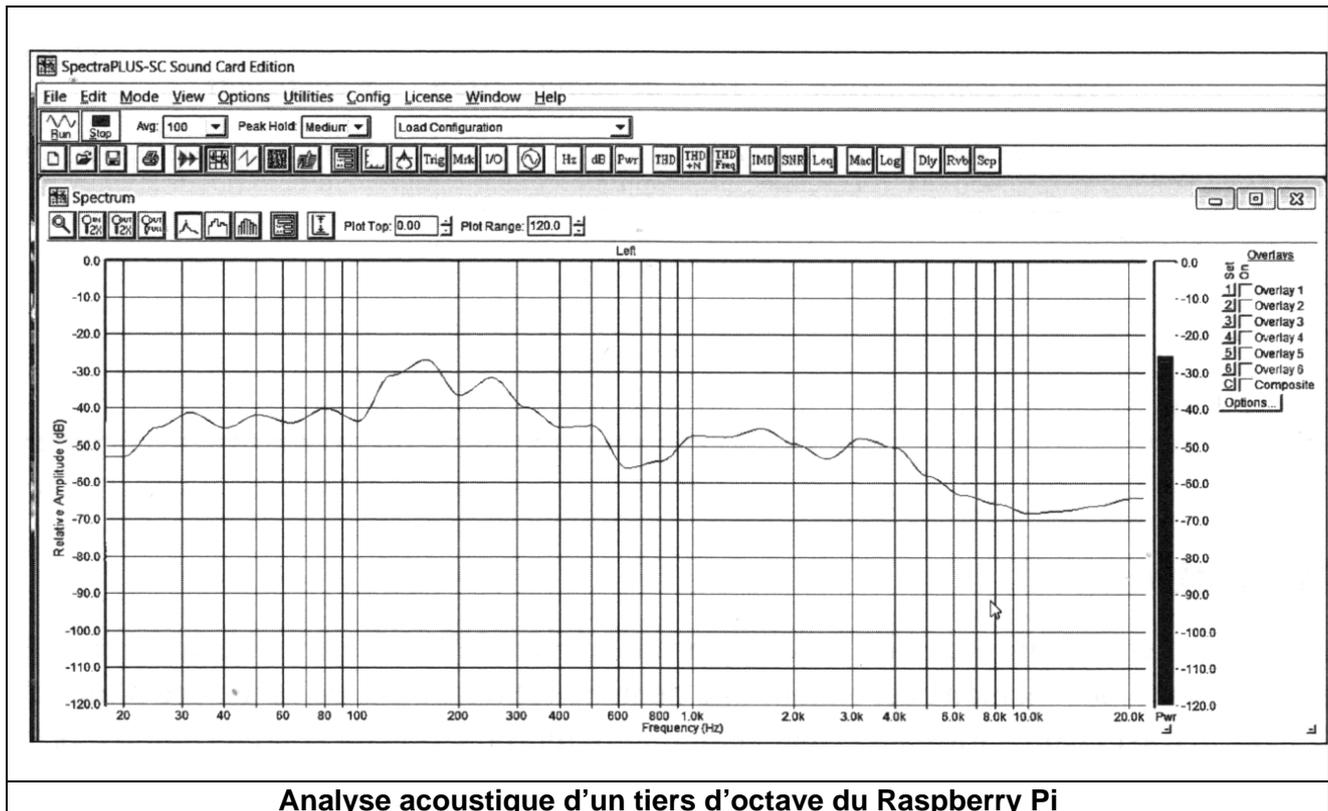
Un bruit est aléatoire avec une énergie répartie uniformément sur l'ensemble du spectre de fréquence observé. Ce type de bruit est aussi appelé « bruit blanc » pour souligner l'uniformité de la répartition de l'énergie.

L'analyse en fréquence des systèmes acoustiques se fonde généralement sur un jeu de filtres d'un tiers d'octave qui simulent, dans une certaine mesure, la réponse de l'oreille humaine.

Les filtres sont plus étroits sur les fréquences basses et s'élargissent avec l'augmentation de la fréquence.

En appliquant un bruit blanc sur ces filtres, on obtient une réponse à pente positive. Un bruit blanc est pré-filtré (ou pré-déformé) de sorte que le signal conditionné qui sort de l'un des filtres d'un tiers d'octave est plat. Toute déviation de cette réponse plate est donc due au système testé, non au bruit appliqué. Ce bruit pré-conditionné est appelé bruit rose.

La figure ci-dessous correspond à une capture d'écran d'un programme d'analyses acoustiques utilisée pour mesurer la sortie audio analogique avec le bruit rose généré par speaker-test.



Vous constatez que la courbe de la sortie audio n'est pas véritablement plate. Toutefois, l'amplitude des déviations n'est pas très importante et le son produit ne sera pas trop déformé. Les puristes utiliseront probablement un égaliseur multibandes pour compenser ces écarts.

LES FORMATS DE FICHIERS AUDIO

Il existe trois grandes catégories de formats audio :

1. Sans compression : un stockage non compressé des données occupe le plus grand espace quel que soit le format.
2. Compression sans perte : employé avec le contenu audio, les parties de silence sont omises.
3. Compression avec perte : toute l'information est compressée, entraînant une légère déformation.

Le tableau page suivante recense quelques formats représentatifs de chacune de ces catégories.

Nom	Type de compression	Taux de compression	Remarques
WAV	Sans compression	1 :1	Également nommé PCM
AIFF	Sans compression	1 :1	
AU	Sans compression	1 :1	
FLAC	Sans compression	1 :1	
WMA sans perte	Compression sans perte	2 :1	
M4A	Compression sans perte	2 :1	Format sans perte d'Apple
MP3	Compression avec perte	10 :1 à 20 :1	
Vorbis	Compression avec perte	10 :1 à 20 :1	
ACC	Compression avec perte	10 :1 à 20 :1	
WMA avec perte	Compression avec perte	10 :1 à 20 :1	

JOUER UN FICHER WAV

La lecture d'un fichier WAV n'est pas compliquée si on utilise une application disponible dans le paquet `alsa-utils`. Nommée « `aplay` », il suffit de l'exécuter en lui indiquant le nom du fichier WAV à jouer. Dans le dossier « Support » de l'activité vous trouverez deux fichiers (WAV + MP3) libres de droits.

Question 4 :

Ouvrir une fenêtre de terminal et exécuter la commande ci-dessous :

```
sudo aplay class.wav
```

Vous devez entendre une jolie fugue de Bach. Le morceau dure environ deux minutes et demie. Vous pouvez arrêter sa lecture en appuyant sur `Ctrl-c`.

JOUER UN FICHER MP3

La version MP3 du morceau précédent occupe 7,3 Mo, à comparer au fichier WAV dont la taille est égale à 40,2 Mo.

Plusieurs applications Linux sont capables de lire les fichiers MP3. Vous utiliserez « `mpg123` » en raison de sa stabilité et de sa facilité de paramétrage depuis la ligne de commande.

Question 5 :

Installer le paquet « `mpg123` » à l'aide de la commande « `apt-get` ».

Question 6 :

Jouer le fichier MP3 en exécutant la commande ci-dessous :

```
sudo mpg123 class.mp3
```

Sa lecture dure exactement le même temps que celle de la version WAV et peut être interrompue à tout moment en appuyant sur `Ctrl-c`.

Avez-vous constaté une différence lors de l'écoute des deux versions ?

Mpg123 est une application de type console, car il est possible d'interagir avec elle au travers du clavier et observer la sortie produite dans une fenêtre du terminal. C'est exactement ce que vous aurez besoin pour créer votre lecteur MP3 géré par le RasPi. Il est important de connaître les contrôles disponibles depuis le terminal et leurs fonctions respectives. Pour cela, il suffit d'appuyer sur la touche « h » pendant l'exécution de l'application.

Le tableau ci-dessous recense les différentes touches de contrôle de l'application, avec quelques explications.

Touche	Action
s	Bascule de pause (appuyer une fois pour suspendre la lecture, une nouvelle fois pour la reprendre)
f	Morceau suivant
d	Morceau précédent
b	Retour en début de morceau
p	Boucle sur l'emplacement courant
.	Avancer
,	Reculer
:	Avance rapide
;	Retour rapide
+	Augmentation du volume
-	Baisse du volume
r	Activation de l'ajustement relatif du volume (RVA, Relative Volume Adjustment) ; utilise la balise MPEG ID3V2 pour régler le volume de l'album
v	Mode verbeux
l	Affichage de la liste de lecture courante
t	Affichage des métadonnées
m	Affichage des informations d'en-tête MPEG
h	Affichage de l'aide
q	Sortie de l'application
c	Augmentation légère de la hauteur du son
C	Augmentation importante de la hauteur du son
x	Baisse légère de la hauteur du son
X	Baisse importante de la hauteur du son
w	Remise à zéro de la hauteur

D'autre part, il est possible de lire tous les fichiers MP3 présents dans un répertoire :

```
sudo -vC *.mp3
```

INTERRUPTEURS EN ENTRÉE

Après l'aspect logiciel, il vous faut maintenant vous intéresser à l'aspect matériel et voir comment connecter des interrupteurs au RasPi. Vous avez vu que toutes les broches du GPIO peuvent être configurées en entrée ou en sortie.

Attention :

Les broches du GPIO opèrent à 3,3 V et ne tolèrent pas de 5 V. Le RasPi ne dispose d'aucun circuit de protection contre les surtensions. Si vous soumettez par inadvertance une broche du GPIO à du 5 V, vous **DÉTRUISEZ** la machine.

Une tension de 5 V est présente sur le Pi Cobbler, et il est très facile de relier par erreur cette source à la place de l'arrivée en 3,3 V. Faites très attention et vérifiez à deux fois vos connexions avant la mise sous tension.

Question 7 :

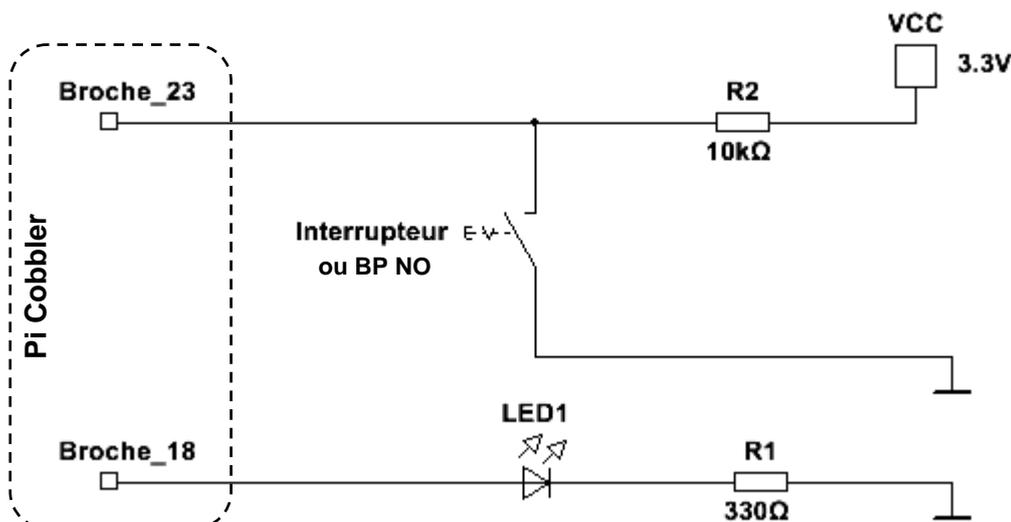
Couper l'alimentation du RasPi.

Enficher « délicatement » le Pi Cobbler sur une « breadboard » et connecter le au RasPi (voir image en page 3) à l'aide de la nappe.

APPELER LE PROFESSEUR POUR VALIDER AVANT DE POURSUIVRE

Question 8 :

Procéder au montage correspondant au schéma ci-dessous.



APPELER LE PROFESSEUR POUR VALIDER AVANT DE POURSUIVRE

Ci-dessous le script sous Python permettant de piloter le circuit.

```
import RPi.GPIO as GPIO
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(18, GPIO.OUT)
GPIO.setup(23, GPIO.IN)
while true:
    if(GPIO.input(23) == False) :
        GPIO.output(18, GPIO.HIGH)
    else:
        GPIO.output(18, GPIO.LOW)
```



RASPBERRY PI® : LECTEUR MP3 ET RÉPONSE EN FRÉQUENCE DE LA SORTIE AUDIO ANALOGIQUE

Question 9 :

À l'aide du logiciel « Python », écrire puis sauvegarder le script.

Question 10 :

À l'aide éventuellement d'Internet, expliquer les lignes du script précédent ci-dessous :

```
import RPi.GPIO as GPIO
```

.....
.....

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
```

.....
.....

```
GPIO.setup(18, GPIO.OUT)
```

.....
.....

```
GPIO.setup(23, GPIO.IN)
```

.....
.....

Dans ce programme, vous avez utilisé une instruction conditionnelle if/else qui vérifie si la broche 23 est au niveau bas ou False. Dans l'affirmation, le programme fixe la broche 18 à l'état GPIO.HIGH. Dans le cas contraire, l'instruction conditionnelle passe directement à la partie else, dans laquelle la broche 18 est fixée à l'état GPIO.LOW.

Question 11 :

Alimenter le RasPi.

Exécuter le script et vérifier qu'un appui sur le bouton poussoir allume la LED, qui reste dans cet état tant que le bouton poussoir est fermé.

Remarque :

Il est possible que vous deviez installer la bibliothèque : RPi.GPIO, disponible à l'adresse :

<http://code.google.com/p/raspberry-gpio-python/downloads/list>

APPELER LE PROFESSEUR POUR VALIDER

Lorsque vous créer un programme, vous devez penser à la rapidité de fonctionnement de la Partie Commande. Dans le script précédent, la boucle while est exécutée plus d'un millier de fois par seconde. Autrement dit, toutes les commandes dans la boucle sont constamment répétées. C'est pourquoi vous utilisez une instruction de test conditionnel if/else pour fixer en permanence la broche à l'état haut de sorte que cela corresponde à la durée de l'appui sur le bouton. Si vous aviez omis la partie else, le premier appui sur le bouton aurait allumé la LED et elle serait restée dans cet état.

Question 12 :

Enlever la partie else du script puis tester le pour confirmer le comportement.

APPELER LE PROFESSEUR POUR VALIDER

Sans la partie else, aucune commande n'éteint la LED. La broche est verrouillée est reste dans l'état dans lequel la dernière commande l'a placée.

CRÉATION D'UN LECTEUR MP3

CAHIER DES CHARGES

Vous trouverez ci-dessous les exigences à satisfaire :

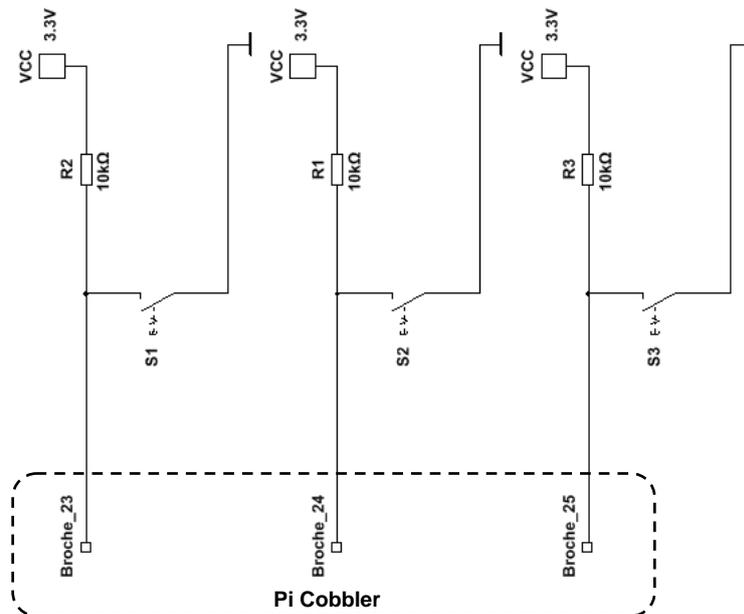
- utiliser l'application mpg123 en tant que lecteur MP3 ;
- jouer les fichiers (morceaux) MP3 sélectionnés et stockés dans un répertoire prédéfini ;
- utiliser l'écran de l'ordinateur pour afficher les données du fichier (morceau) ;
- utiliser la sortie audio analogique disponible sur la prise jack de 3,5 mm ;
- se servir du clavier pour contrôler l'application mpg123 pendant la lecture d'un morceau ;
- utiliser l'un des trois boutons poussoirs pour jouer un morceau choisi.

SCHÉMA DU LECTEUR MP3

Question 13 :

Couper l'alimentation du RasPi.

Procéder au montage correspondant au schéma page suivante.



PROGRAMMATION

La principale difficulté consiste à lancer l'application mpg123 à partir d'un script Python en précisant tous les arguments requis. Heureusement, Python dispose de la fonction `system()`. Qui permet d'effectuer assez facilement cette opération ; elle fait partie de la bibliothèque `os`.

Ci-dessous le script sous Python :

```
# importer la bibliothèque os qui fournit la fonction system()
import os
# importer la bibliothèque GPIO pour accéder aux broches
import RPi.GPIO as GPIO
# utiliser les numéros des broches BCM
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
# configurer les broche 23, 24 et 25 en entrée
GPIO.setup(23, GPIO.IN)
GPIO.setup(24, GPIO.IN)
GPIO.setup(25, GPIO.IN)
# s'assurer que la sortie analogique est sélectionnée
os.system( 'amixer cset numid=3 1' )
while true :
    # vérifier l'appui sur le bouton connecté à la broche 23
    if(GPIO.input(23) == false) :
        # lancer l'application mpg123 avec un contrôle total depuis le clavier
        # et un affichage à l'écran de la lecture de class.mp3
        os.system( 'mpg123 -vC class.mp3' )
    # vérifier l'appui sur le bouton connecté à la broche 24
    if(GPIO.input(24) == false) :
        # lancer l'application mpg123 avec un contrôle total depuis le clavier
        # et un affichage à l'écran de la lecture de class1.mp3
        os.system( 'mpg123 -vC class1.mp3' )
    # vérifier l'appui sur le bouton connecté à la broche 25
```

```
if(GPIO.input(25) == false) :  
# lancer l'application mpg123 avec un contrôle total depuis le clavier  
# et un affichage à l'écran de la lecture de class2.mp3  
os.system( 'mpg123 -vC class2.mp3' )
```

Question 14 :

À l'aide du logiciel « Python », écrire puis sauvegarder le script ci-dessus.

Remarque :

Il vous faudra prévoir trois fichiers audio nommés class.mp3, class1.mp3 et class2.mp3 à glisser dans le répertoire approprié.

TEST DU LECTEUR MP3

Alimenter le RasPI.

Placer votre script nommé « MP3_player.py » dans le répertoire pi, puis ouvrir une fenêtre de terminal et exécuter la commande ci-dessous :

```
sudo python MP3_player.py
```

Toutes les commandes sont opérationnelles après le démarrage du script. Vous pouvez les essayer afin d'apprécier les fonctionnalités offertes par mpg123.

Vous avez réalisé un lecteur MP3 de base, que vous pouvez étendre de différentes manières pour répondre à des besoins futurs. L'affichage sur un écran standard peut être remplacé par un moniteur LCD série.

Vous pouvez également envisager d'utiliser un bouton poussoir séparé pour une fonction précise, comme le passage au morceau suivant, ...

Arrêter le RasPI.

Débrancher l'alimentation, le câble HDMI, le clavier, la souris et le câble RJ45.
Reconnecter les périphériques à votre PC de « bureau ».

APPELER LE PROFESSEUR POUR VALIDER