

Télécyclcette - Documentation technique

Description du besoin

L'idée est de mettre en place un dispositif où une personne installée sur un vélo d'appartement pédale et dont la vitesse de pédalage influence la vitesse de lecture de la vidéo.

Les vidéos sont avec commentaires audio et sont fournies par le CNRS. Il s'agit :

- *fromage.mp4* : "pourriture noble, le fromage" - 3 min 58 sec
- *vin.mp4* : "pourriture noble, le vin" - 4 min 5 sec

Choix des solutions

Écran

Il peut être envisagé de brancher :

- soit un écran type LED grand format pour une installation extérieure
- soit un écran qui sera intégré au vélo

Ceci a peu d'importance sur les autres choix. Il faut simplement retenir les contraintes :

- connectivité HDMI
- possibilité d'éloigner le vélo de l'écran jusqu'à 4 mètres environ

Vélo

Afin d'assurer la stabilité du vélo, il semble préférable de partir sur un vélo d'appartement.

Les contraintes identifiées pour ce matériel sont les suivantes :

- avoir un capteur de vitesse (compteur)
- être peu coûteux
- pouvoir être bidouillé / connecté à un ordinateur facilement

Les vélos de la marque Décathlon, notamment les Domyos semblent convenir parfaitement pour la bidouille : la communication du compteur à l'afficheur se fait via des connecteurs standards et les fils sont facilement accessibles. Les prises Jack 3.5mm mono sont en effet visibles sur la documentation : http://assets.domyos.com/2_fr_essential_bike.pdf. Ceci a été confirmé en étudiant les modèles de démonstration en magasin.

Il a donc été choisit le vélo le moins cher de cette gamme, c'est à dire un **Domyos Essential**.

Matériel informatique

Les contraintes identifiées pour ce matériel sont les suivantes :

- pouvoir lire, de façon fluide des vidéos H264
- pouvoir récupérer "facilement" la vitesse du vélo, c'est à dire se connecter à du hardware bas niveau
- être peu cher
- consommer peu
- prendre peu de place

Le Raspberry PI semble être la solution toute indiquée : avec un faible coût et une spécialisation pour la lecture vidéo, il est parfait pour le cas d'usage ciblé. Nous partirons alors sur le dernier modèle en date, c'est à dire un **Raspberry PI 3 Modèle B**.

Celui-ci sera utilisé avec les accessoires officiels du kit, notamment :

- un adaptateur secteur 5.1V / 2.5A
- une carte microSD de classe 10 de 16 Go
- un boîtier de protection

Connectivité

Le Raspberry PI sera raccordé au vélo grâce à un câble JACK 3.5mm. Afin de pouvoir conserver l'affichage de la vitesse sur l'écran du vélo, nous utiliserons un dédoubleur JACK au niveau du vélo. Une rallonge JACK de 5m sera branchée dessus, permettant ainsi au Raspberry PI d'être placé à côté de l'écran. Au niveau du Raspberry PI, un câble JACK femelle sera relié aux ports GPIO.

Le Raspberry PI sera relié à l'écran via un câble HDMI. Celui-ci pourra être relativement court, les deux matériels ayant vocation à être proches. Ces deux matériels devront être brancher à une multiprise à cet endroit.

Logiciel de lecture vidéo

Une vidéo va devoir être affichée et sa vitesse de lecture contrôlée. Plusieurs solutions permettent cela, telles que "processing". Cependant, celui-ci est assez couteux en ressource et risque de ne pas être fluide sur le matériel choisit.

Le seul contrôle dont on a besoin est la vitesse de lecture de la vidéo. Cela peut généralement se faire avec un lecteur de vidéo classique et ne nécessite pas de logiciel spécifique.

Ainsi donc, nous avons les contraintes suivantes :

- possibilité de lire des vidéos H264 de façon fluide
- possibilité de contrôler la vitesse de lecture
- possibilité de pouvoir être contrôler "simplement" pendant la lecture par des logiciels tiers

Ainsi, nous allons nous tourner vers **VLC**, solution éprouvée qui a de nombreuses interfaces de contrôle et permet de moduler la vitesse de lecture.

Il est à noter cependant que sur le Raspberry PI, il est essentiel d'avoir le support de l'accélération

matérielle dans VLC pour avoir une lecture fluide de la vidéo.

Systeme d'exploitation

Plusieurs OS sont disponibles pour le Raspberry PI 3. La page de référence <https://www.raspberrypi.org/downloads/> propose :

- Raspbian (Stretch)
- Ubuntu Mate
- Snappy Ubuntu Core
- Windows 10 IOT Core
- OSMC
- LibreElec
- PiNet
- RISC OS
- Wheather Station

On va enlever de cette liste :

- les distributions spécialisées (PiNet, Wheather Station)
- les distributions orientées media center (OSMC, LibreElec)
- les distributions non libres (Windows 10 IOT Core)

Parmi les distributions restantes, nous allons tester Raspbian Stretch semble être la plus répandue. Très rapidement, nous allons être confronté au problème que VLC n'est pas compilé avec l'accélération matérielle. Sans cela, nous ne pouvons lire nos vidéos sous VLC avec assez de fluidité. Plusieurs possibilités sont proposées pour compiler VLC avec le support de l'accélération matérielle, qui fonctionnent cependant plus ou moins bien.

On va alors se tourner vers **Unbuntu Mate** qui met en avant, dès sa page de présentation (<https://ubuntu-mate.org/raspberry-pi/>) le fait de fournir VLC compilé avec l'accélération matérielle.

Développement de la solution

Récupération de la vitesse de pédalage

Nous avons relié la prise JACK au ports GPIO 23 et 24 du Raspberry PI (il est à noter que nous ne relierons pas le fil "d'alimentation" du câble Jack, afin de ne pas interférer avec le compteur).

Nous allons utiliser python et la librairie `RPI.GPIO` pour détecter les tours de roue.

Nous observons un événement sur les ports GPIO concernés à chaque tour de roue. Il est important d'ajouter :

- que plusieurs événements peuvent avoir lieu à très peu de temps d'intervall au moment du passage devant le capteur. Il est important d'ignorer les événements trop proches ;

- que si on laisse les pédales dans une certaine position, on reçoit en permanence tout plein d'événements, déclarant ainsi une vitesse élevée alors qu'elle est nulle.

Ces deux cas devront être traités lors du développement.

Sur la page 13 de la documentation du vélo, disponible à cette adresse : http://assets.domyos.com/2_fr_essential_bike.pdf, on peut lire :

Remarque : Sur les vélos magnétiques chaque tour de pédale correspondant à une distance de 4 mètres, sur les vélos elliptiques 1 tour de pédale correspond à une distance de 1.6 m (ces valeurs correspondent à des valeurs moyennes en vélo ou en marche).

On va conserver le même prédicat afin d'avoir une vitesse cohérente avec le compteur du vélo. On peut alors calculer le temps entre 2 événements et à partir de là, calculer la vitesse en km/h.

On calcule la vitesse grâce à un produit en croix :

- 4 mètres parcourus en d sec
- v km parcourus en 1 heure
- $4 \cdot 3600 = d \cdot v \cdot 1000$
- $v = (4 \cdot 3600 / 1000) / d$
- $v = 14.4 / d$

Conversion de la vitesse de pédalage en vitesse de lecture

Nous récupérons désormais la vitesse de pédalage exprimée en km/h, comme exprimée sur le compteur du vélo.

Il nous faut calculer la vitesse de lecture de la vidéo sous VLC. Celle ci correspond au facteur à appliquer. Ainsi :

- 0 équivaut à une vidéo en pause
- 0.5 signifie "moitié moins vite que la vitesse dite normale"
- 1 correspond à la vitesse normale
- 2 est utilisé pour une vitesse double de la vitesse normale.

Il nous faut convertir les km/h en facteur de vitesse de lecture.

Posons quelques règles :

- le coefficient ne peut être inférieur à 0.18
- le coefficient ne peut être supérieur à 4
- le coefficient de 1 (lecture à vitesse normale) doit être simplement accessible. Posons le donc pour une vitesse de 14 km/h

- il doit être facile de stabiliser la vitesse de la vidéo vers le coefficient de 1. Ainsi, de 12 à 16 km/h, on doit rester proche du coefficient de 1
- l'impact de la vitesse à basse et haute vitesse (vers 8 km/h et 20 km/h) doit être fort pour donner l'impression de contrôler la vidéo.

Par ailleurs, on va paramétrer la fonction afin de pouvoir régler :

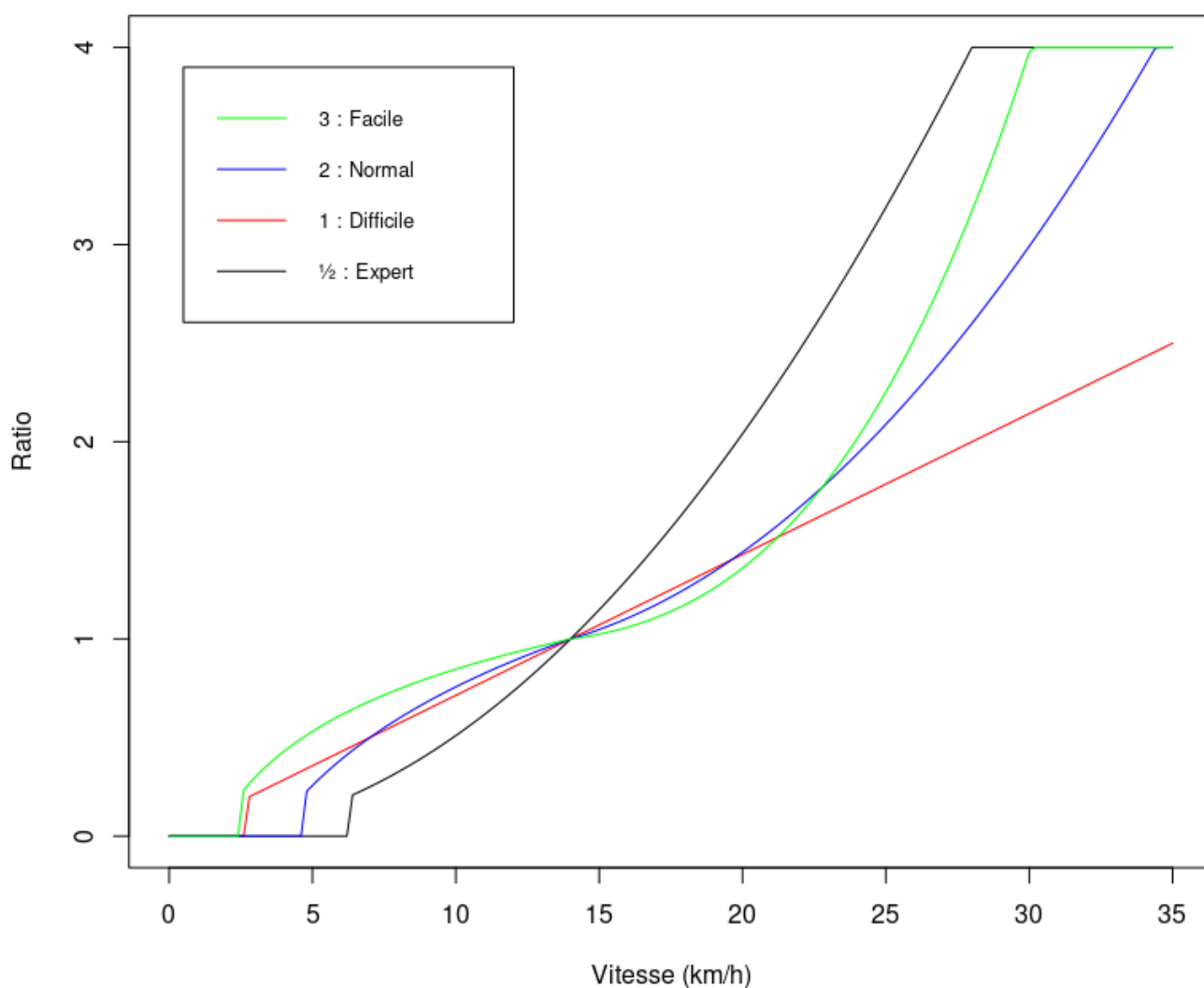
- d'une part la difficulté grâce à un coefficient
- d'autre part la vitesse dite "de référence"

La fonction va ainsi se présenter ainsi :

- Pour une difficulté de 1 ou en dessous, $rate = (v / Vref)^{(1/difficulty)}$
- Sinon, en dessous de la vitesse de référence, $rate = (\log(v / Vref, difficulty) + 2) / 2$
- Sinon, $rate = (v / Vref - 0.7)^{difficulty} + 1 - 0.30^{difficulty}$

Cela donne la courbe suivante pour $Vref=14 \text{ km/h}$ qui correspond à nos contraintes :

Fonction de conversion (Vref = 14 km/h)



Il faut donc, au début du programme *telecyclcette.py*, paramétrer :

- la vitesse de référence : *VITESSE_REFERENCE = 14*
- la difficulté : *DIFFICULTE = 1.8*

Les valeurs de difficulté possibles sont :

- 3 = Facile
- 2 = Normale
- 1 = Difficile
- 0.5 = Expert

Des valeurs intermédiaires peuvent être configurées.

Contrôle de la vitesse de lecture

La vitesse de lecture de la vidéo se fait grâce au contrôle de VLC par l'interface Lua / Telnet. Pour ce faire, on utilise la librairie python `telnetlib` et se connecter à localhost:4212.

Nous allons utiliser les commande suivantes :

- `rate x` (où x est un flottant entre 0.1 et 4.9)
- `pause` (qui bascule l'état)
- `play` (qui force la lecture)
- `status` (qui permet de savoir si la lecture est en pause ou non)

Il est à noter qu'il est a déploré l'absence de commande pour mettre en pause. La commande `pause` bascule l'état de pause. Il va donc être nécessaire de conserver dans une variable le status de lecture et de le mettre à jour grâce à l'exécution régulière de la commande `status`.

Nous allons mettre à jour la vitesse de lecture de la vidéo :

- à chaque fois qu'un tour de pédale est détecté
- régulièrement, si le temps passé depuis le dernier événement est plus long que la dernière durée prise en compte (la vitesse diminue, même si nous ne la connaissons pas exactement)
- dès le premier tour de pédale (la vitesse n'est pas nulle, même si nous le la connaissons pas exactement)

Installation de la solution

Récupération & Installation de l'image

- On recherche sur le site officiel d'Ubuntu Mate l'image pour RaspberryPI 3 : <https://ubuntu-mate.org/>. La dernière en date est la 16.04.2 (Xenial).
- On la télécharge : <https://ubuntu-mate.org/raspberry-pi/ubuntu-mate-16.04.2-desktop-armhf-raspberry-pi.img.xz>.
- On vérifie le hash SHA256 : `sha256 ubuntu-mate-16.04.2-desktop-armhf-raspberry-pi.img.xz`.

il doit correspondre à celui sur le site :

"dc3afcad68a5de3ba683dc30d2093a3b5b3cd6b2c16c0b5de8d50fede78f75c2"

- Conformément à la page <https://ubuntu-mate.org/raspberry-pi/>, on l'installe sur la carte SD grâce à "GNOME Disque" et l'option "Restaurer l'image Disque...".

Installation de l'OS

- Après démarrage du Raspberry PI sur la carte SD, celui-ci va s'installer et nous demande les paramètres. Nous choisissons :
 - Le fuseau horaire : "Europe/Paris"
 - La configuration du clavier : "français"
 - Le nom de la machine : "telecycllette"
 - Le nom de l'utilisateur : "telecylcette"
 - Le mot de passe : "sciences2017"
 - Nous cochons l'option de connexion automatique pour l'utilisateur
- Une fois le premier démarrage effectué, on met à jour en ouvrant un terminal et en tapant : `sudo apt-get update` et `sudo apt-get upgrade`
- On modifie le fichier `/boot/config.txt` pour forcer à être en *720p*
- Puis, on installe "vim" pour utilisation ultérieure : `sudo apt-get install vim`
- Enfin, on va dans les paramètres de gestion de l'alimentation pour enlever la mise en veille ainsi que l'écran de veille

Il est important de configurer la sortie audio telle que désirée :

- Si on veut avoir le son sur la prise JACK sortante, on tape `amixer cset name='PCM Playback Route' 1`
- Si on veut avoir le son sur la sortie HDMI, on tape : `amixer cset name='PCM Playback Route' 2`
- Des raccourcis ont été placés pour aider à cela sur le bureau.

Configuration de VLC

VLC avec l'accélération matérielle est déjà installé et fonctionnel. Il nous faut uniquement le configurer pour notre besoin.

Audio

Dans les paramètres de VLC, on va dans *Audio* et on choisit *Module de sortie* = *Sortie audio ALSA*. On choisit ensuite en périphérique "bcl2835 ALSA, bcm2835 ALSA Default Audio Device"

Sortie vidéo avec accélération matérielle

Dans les paramètres de VLC, on va dans *Vidéo* et on choisit *Sortie* = *OpenMAX IL*. On active l'overlay et le plein écran et la fonctionnalité "Toujours au-dessus" et on désactive les décorations de fenêtre.

Interface telnet

Dans les paramètres avancés (tout en bas à gauche de la fenêtre de paramètres, on clique

sur *Afficher les paramètres* » *Tous*), on va dans *Interfaces principales* et on coche *console*. Dans *Interfaces principales* » *Lua*, on modifie la section *Lua par ligne de commande*. Dans *Entrée CLI*, on y inscrit `localhost:4212`.

Il est à noter qu'il est nécessaire d'enregistrer les changements déjà effectués dans la configuration avant de passer dans les paramètres avancés de *VLC* sans quoi ce dernier les perd.

Déploiement des vidéos

On récupère nos vidéos :

- *vin.mp4*
- *fromage.mp4*

Et on les déplace dans le répertoire */home/telecycllette/Vidéos*.

Dans *VLC*, on crée une playlist avec ces deux vidéos, on active la répétition en boucle et on enregistre la playlist en tant que */home/telecycllette/Vidéos/playlist.xspf*.

Déploiement du script de contrôle

Avant tout, il nous faut installer la librairie `*python RPi.GPIO` : `sudo apt-get install python3-rpi.gpio`.

Ensuite, on copie le fichier *telecycllette.py* dans le répertoire */home/telecycllette/Documents*.

Démarrage automatique

Les scripts de démarrage *vlc.service* et *telecycllette.service* ont été copiés dans le répertoire (préalablement créé */home/telecycllette/.config/systemd/user*). On exécute alors `systemctl --user daemon-reload`. Les services sont alors pris en compte par *systemd* qui nous fournit alors les commandes suivantes :

- `systemctl --user (start|stop|status) vlc` pour la lecture de la playlist vidéo (en boucle)
- `systemctl --user (start|stop|status) telecycllette` pour le démarrage du script python

Dans *Mate*, il a été configuré pour que les unités *systemd* utilisateur *telecycllette* et *vlc* soit lancées automatiquement au démarrage de la session.

Raccourcis clavier

Les raccourcis claviers sont déjà opérants sur le système :

- `[-` pour baisser le volume.
- `]=` pour augmenter le volume.

- `⏮` pour passer à la vidéo suivante.
- `⏪` pour passer à la vidéo précédente ou retourner au début de la vidéo en cours.

Enfin, des raccourcis claviers ont été configurés dans *Centre de contrôle* » *Raccourcis claviers* pour lancer et arrêter les services *systemd*:

Raccourci clavier	Commande lancée	Description
<code>Ctrl - Alt - V</code>	<code>systemctl --user start vlc</code>	Démarrage de VLC
<code>Ctrl - Alt - Shift - V</code>	<code>systemctl --user stop vlc</code>	Arrêt de VLC
<code>Ctrl - Alt - B</code>	<code>systemctl --user start telecyclette</code>	Démarrage de telecyclette
<code>Ctrl - Alt - Shift - B</code>	<code>systemctl --user stop telecyclette</code>	Arrêt de telecyclette