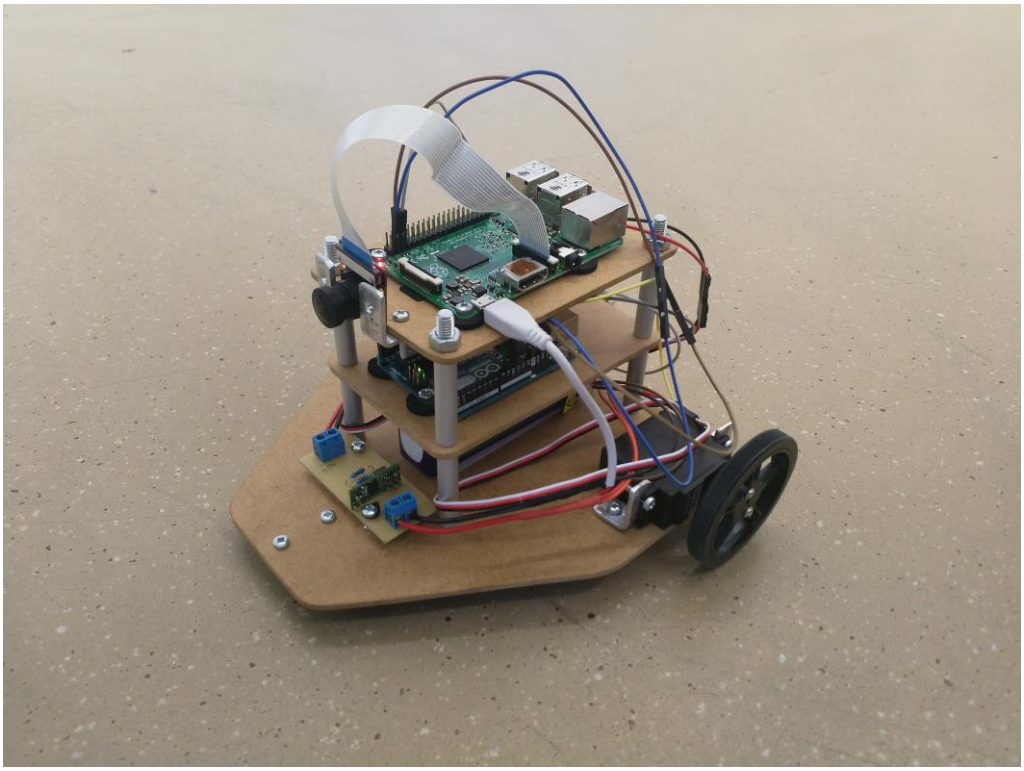
Pilotage d'un robot à travers une application desktop



Jaccard Anthony
Impasse du Saugy 1
1555 Villarzel
Anthony.JACCARD@cpnv.ch

SI-CA2a

07.05.2019

Table des matières

1 Introduction

1.1 Cadre, description et motivation

Le but de ce projet sera de créer une application permettant de piloter un robot et d'afficher une photo prise par ce dernier. J'ai choisi ce projet car je suis passionné de robotique[1] depuis presque aussi longtemps que je suis passionné d'informatique. Je compte d'ailleurs poursuivre mes études dans l'informatique embarquée[2] car c'est le domaine de l'informatique qui se rapproche le plus de la robotique. En ce sens-là, ce projet est pertinent car il me permettra notamment de me familiariser avec certaines technologies qui me seront certainement utiles dans mon futur parcours. De plus, lors d'une discussion avec un professeur du CPNV, ce dernier a soulevé le fait que des robots étaient utilisés dans le CPNV lors des portes ouvertes et qu'il pourrait être intéressant d'utiliser un robot fabriqué par un élève au lieu de n'utiliser que des robots grands publics. Comme la fabrication du robot et le développement de l'application auraient étés un objectif trop ambitieux pour les 90 heures du TPI, le robot a été fabriqué en grande partie dans le cadre du module de robotique et terminé hors des heures de cours.

1.2 Organisation

Élève : Anthony Jaccard
E-Mail : anthony.jaccard@cpnv.ch
Téléphone : 079/460.66.48

Chef de projet : Pascal Hurni
E-Mail : pascal.hurni@cpnv.ch

Expert 1 : Christophe Regamey
E-Mail : christophe.regamey@bluewin.ch

Expert 2 : Yves Bertino
E-Mail : yves@bertino.ch

1.3 Objectif

Créer une application desktop permettant de :

- Piloter en temps réel un robot accessible via une connexion SSH[3] locale[4]
- Demander au robot de prendre une photo et d'afficher celle-ci dans l'application
- Indiquer l'état de la connexion avec le robot

[1] Robotique : science qui consiste en l'étude et en la conception des robots
[2] Informatique embarquée : branche de l'informatique en charge de la conception de systèmes de petite taille pouvant être intégrés dans des volumes restreints (prothèses, objets intelligents…)
[3] SSH : voir point 4.1.4.2
[4] Connexion locale : communication entre deux périphériques existants sur un même réseau et donc ne passant pas par internet

- Conserver des logs[5] des communications avec le robot

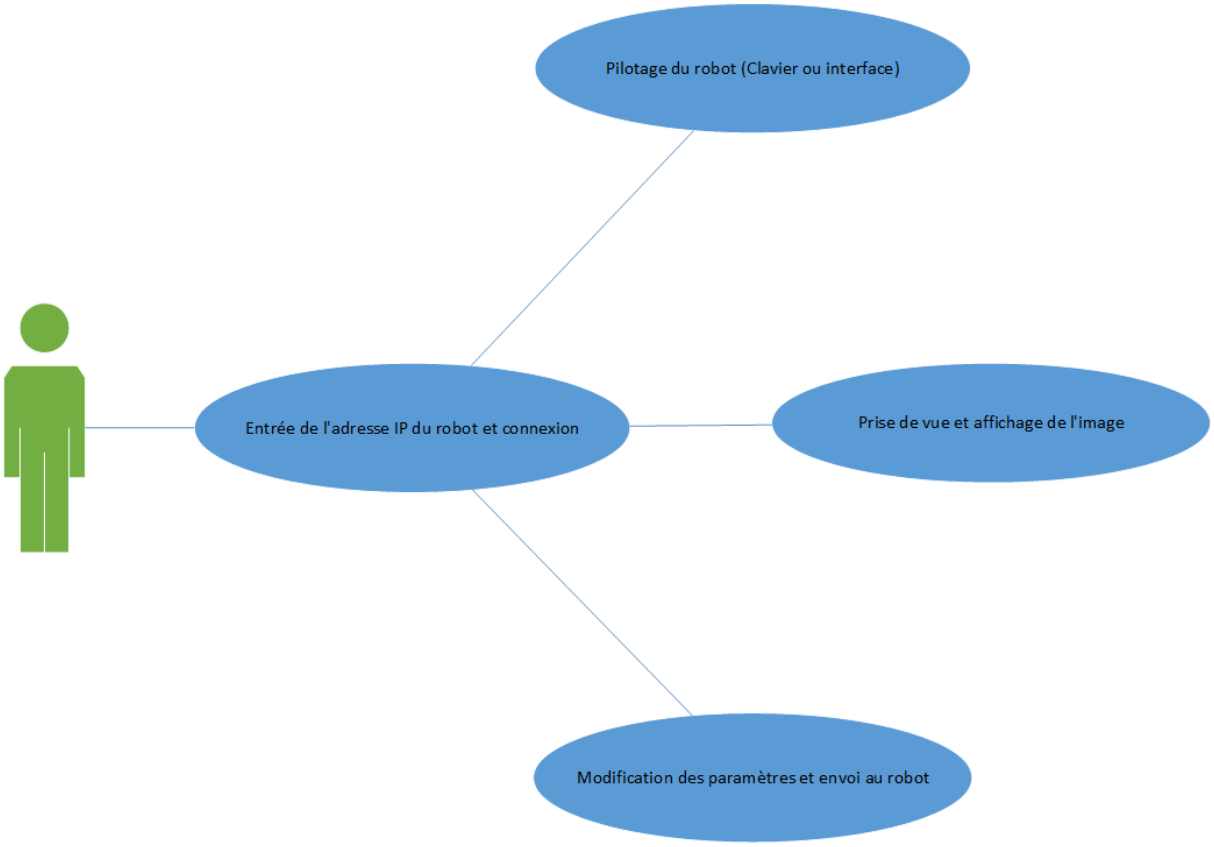
1.4 Planification initiale

Date de début : 07.05.2019
Date de fin : 05.06.2019
La planification initiale détaillée a été envoyée au chef de projet ainsi qu'aux experts le premier jour

2 Analyse

2.1 Cahier des charges détaillé

2.1.1 Uses Cases



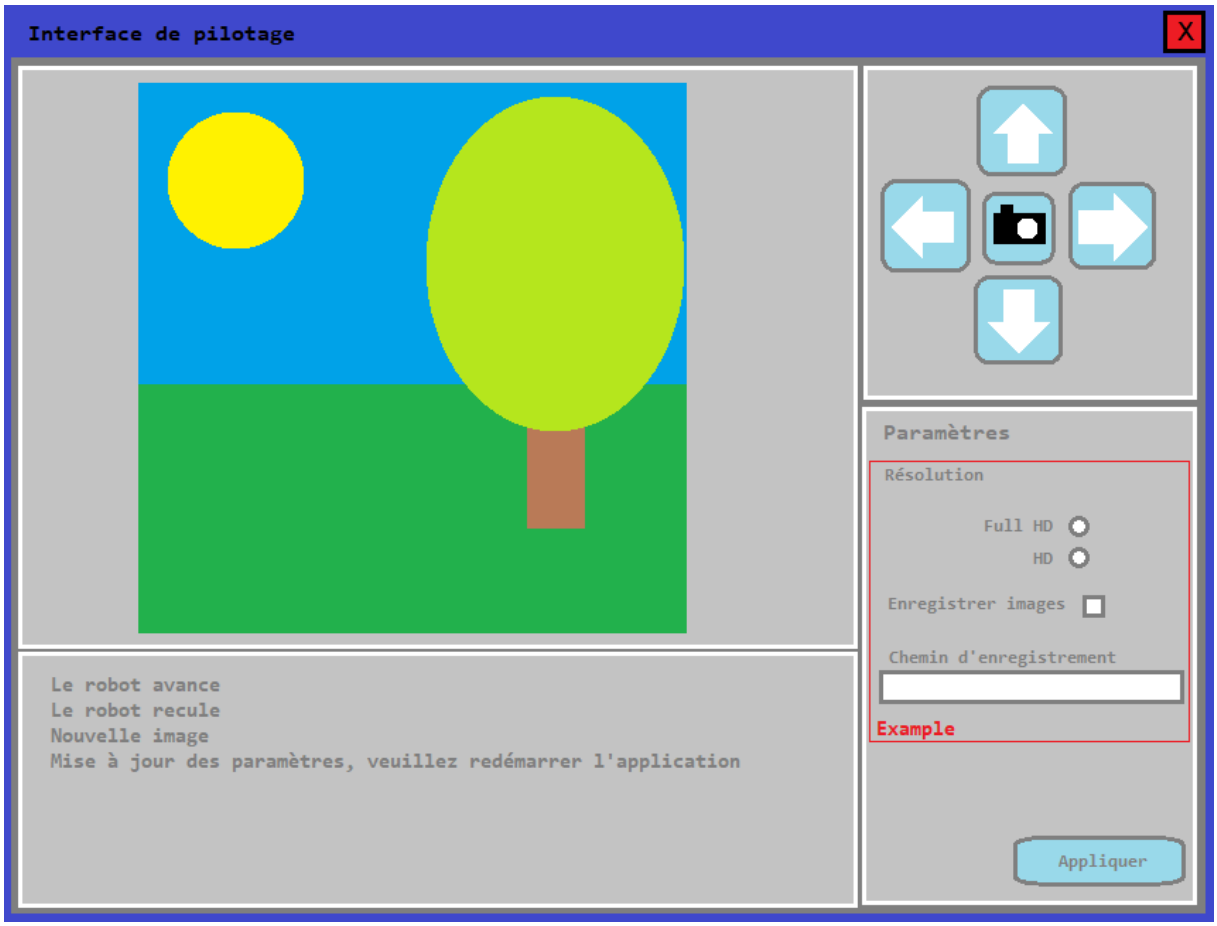
2.1.2 Scenarii

Action	Effet
Clic sur un bouton directionnel (haut, bas, gauche, droite) ou appui sur une touche	Mouvement du robot correspondant (avant, arrière, rotation anti-horaire, rotation

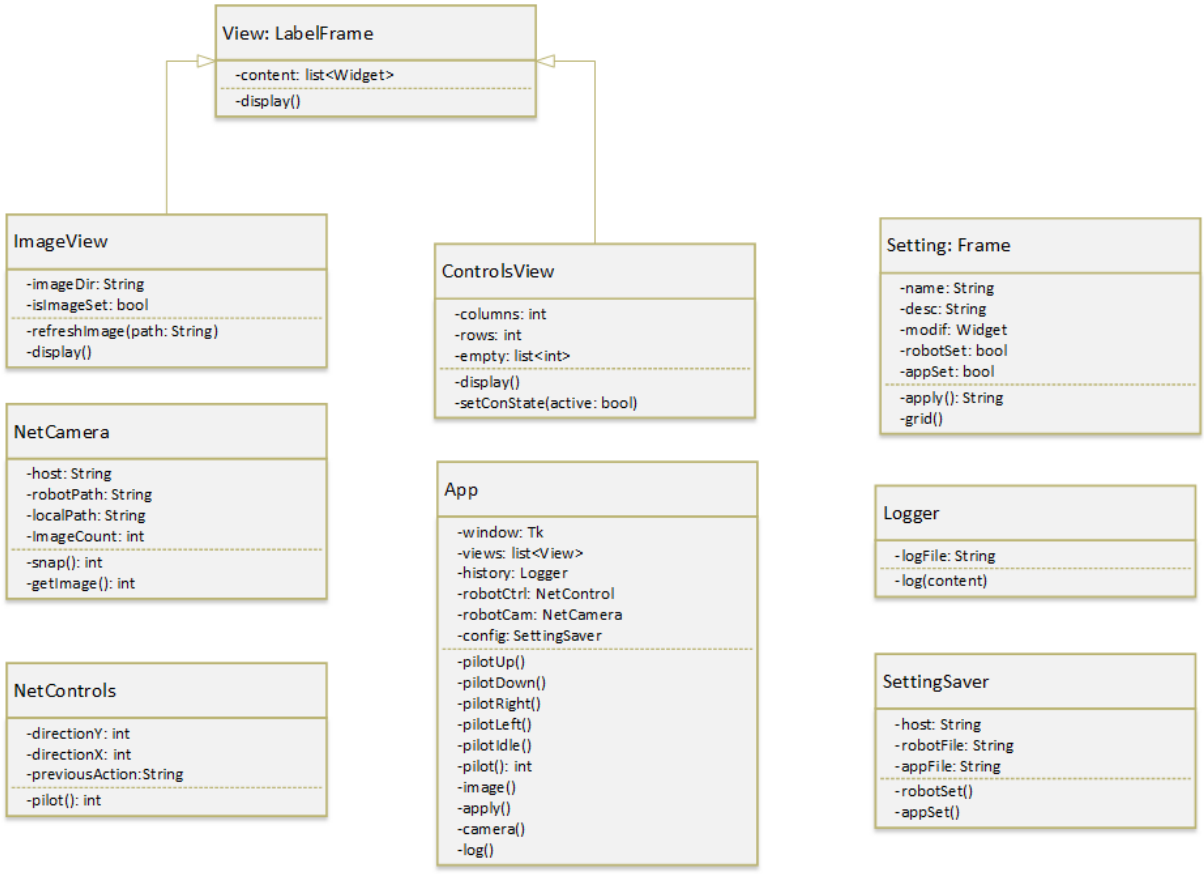
[5] Log : entrée texte contenant la description d'une action de l'application ainsi que l'heure à laquelle cette action a été effectuée.

directionnelle du clavier (haut, bas, gauche, droite)	horaire)
Combinaison de deux touches du clavier (haut/bas et droite/gauche)	Mouvement du robot correspondant (virage avant droite, virage avant gauche, virage arrière droite, virage arrière gauche)
Clic sur le bouton «Prise de vue»	Prise de vue et affichage de l'image
Modification d'un champ de texte	Modification d'un paramètre
Clic sur le bouton « Appliquer »	Envoi des modifications des paramètres au robot

2.1.3 Interface



2.1.4 Schéma UML



2.2 Stratégie de test

2.2.1 Tests fonctionnels

- Tests de pilotage

S'assurer que le robot répond comme il faut aux instructions[6] de pilotage (interface ou clavier)

- Tests de prise de vue

S'assurer que le robot prend une photo et que cette dernière est bien affichée dans l'interface graphique[7]

- Tests de paramétrage

S'assurer que les paramètres[8] sont bien pris en compte et sont enregistrés sur le bon périphérique (ordinateur ou robot)

[6] Instruction : ordre donné au robot dans un langage qu'il est conçu pour comprendre
[7] Interface graphique (GUI) : interface homme-machine permettant la communication entre l'utilisateur et l'application à travers l'affichage de boutons, champs textes, images…etc et la récupération d'événements utilisateurs (mouvement ou clic de la souris, appui sur une touche du clavier…) par opposition à de simples lignes de textes et commandes
[8] Paramètre : option modifiant le comportement d'un logiciel

2.2.2 Tests de performances

- Test de réactivité au pilotage

La latence[9] entre le clic sur une icône de pilotage ou l'appui d'une touche directionnelle et la réaction du robot doit être suffisamment faible pour permettre de bonnes conditions de pilotage

- Test de réactivité à la prise de vue

La latence entre le clic sur l'icône caméra et l'apparition de l'image sur l'écran doit rester faible

2.3 Budget initial

Le TPI consistant à développer une application, il n'engendrera aucun coût. La fabrication du robot en revanche a nécessité l'achat de deux servomoteurs[10] continus, deux roues, une batterie, un chargeur ainsi qu'un peu de matériel divers pour la fabrication du support. Ces coûts ont cependant déjà étés pris en charge par le CPNV.

2.4 Planification

Le fichier de planification est fourni en annexe car l'intégrer ici aurait rendu sa lecture compliquée

3 Conception

3.1 Dossier de conception

- Matériel : Un robot (conception et fonctionnalités décrites plus bas), un chargeur Li-Po[11], un point d'accès Wifi[12], un ordinateur Windows 10 du CPNV, une carte réseau Wifi USB[13] (TP-LINK T2UH), un multimètre[14]
- Logiciels :
  - Programmation : Arduino IDE, Visual Studio Code + extension Python
  - Documentation : Word, Excel, Visio, Paint
  - Réseau : OpenSSH [15]
- Langage : Python[16]

[9] Latence : délai entre une action et son résultat
[10] Servomoteur : moteur dont la conception lui permet un positionnement à un angle précis ou (dans le cas d'un servomoteur continu) de tourner dans un sens ou dans l'autre à une vitesse réglable électroniquement.
[11] Li-Po : technologie de batterie permettant une décharge rapide ainsi qu'une bonne densité électronique
[12] Point d'accès Wifi : périphérique réseau permettant la connexion sans fil à ce dernier
[13] Carte réseau USB : périphérique électronique branchée par USB permettant la gestion d'une connexion réseau
[14] Multimètre : appareil de mesure électronique permettant de mesurer (entre autre) des tensions électriques (pour mesurer les tensions sociales, il n'existe malheureusement pas d'appareil fiable)
[15] OpenSSH : ensemble de logiciels de communication réseau intégrant notamment SSH
[16] Python : voir point 4.1.4.1

3.2 Le Robot

3.2.1 Conception

- Composants matériels : Raspberry Pi 2 B[17], Arduino Uno[18], 2x servomoteurs continus, batterie Li-Po 11.1V, régulateur à découpage, caméra
- Logiciel : Raspbian[19] (Raspberry Pi), micrologiciel[20] Arduino

Le robot est constitué d'un Raspberry Pi connecté grâce à une connexion I2C[21] à une carte Arduino Uno. Le Raspberry Pi sert d'interface avec le monde extérieur et envoie des commandes à l'Arduino qui se charge de piloter les servomoteurs en conséquence.

3.2.2 Fonctionnalités pré-existantes

En l'état, il est possible de se connecter en SSH au robot grâce au Raspberry Pi et de s'en servir pour lui envoyer des ordres sous forme de commandes. En pratique, ces ordres sont simplement des commandes I2C (i2cset) camouflées sous une forme plus simple grâce aux alias[22]. Ces commandes sont :

- **idle** : met le robot à l'arrêt
- **fRun** : (forward run) fait avancer le robot
- **bRun** : (backward run) fait reculer le robot
- **lTurn** : (left turn) fait tourner le robot dans le sens anti-horaire
- **rTurn** : (right turn) fait tourner le robot dans le sens horaire
- **fTurnR** : (forward turn right) fait faire au robot un virage à droite tout en avançant
- **fTurnL** : (forward turn left) fait faire au robot un virage à gauche tout en avançant
- **bTurnR** : (backward turn right) fait faire au robot un virage à droite tout en reculant
- **bTurnL** : (backward turn left) fait faire au robot un virage à gauche tout en reculant

3.2.3 Fonctionnalités à implémenter

Par défaut, aucune commande n'existe pour prendre une photo à l'aide de la caméra du Raspberry Pi et de la stocker. Il faudra donc, dans le cadre de ce TPI, créer un script[23] Python permettant de le faire. De plus, ce script devra pouvoir faire appel à un fichier de configuration qui pourra être modifié à distance par l'application afin de configurer la prise de vue (résolution, dossier d'enregistrement des clichés… etc)

[17] Raspberry Pi : micro-ordinateur de la taille d'une carte de crédit créé pour encourager le bricolage informatique
[18] Arduino Uno : carte électronique créée pour encourager le bricolage électronique
[19] Raspbian : système d'exploitation créé pour le Raspberry Pi
[20] Micrologiciel : logiciel servant d'intermédiaire entre la gestion électronique et informatique d'un objet électronique
[21] I2C : protocole de communication inter-contrôleur
[22] Alias : outil de Linux permettant de rassembler une commande complexe ou une suite de commande sous une appellation plus simple
[23] Script : suite d'instructions écrites dans un langage informatique

3.3 Protocole[24] de prise de vue en réseau

3.3.1 Description

Le protocole permet de demander au robot de prendre une photo et de la stocker dans un dossier connu puis d'aller la récupérer à travers le réseau et de l'enregistrer sur la machine exécutant l'application

3.3.2 Fonctionnement

L'ordinateur sur lequel est exécuté l'application exécute via SSH le script python du robot qui lui fait prendre une photo et la stocker dans un dossier connu. Une fois cela fait, l'ordinateur copie l'image dans le dossier renseigné dans la configuration de l'application à l'aide du protocole SCP[25] et prévient le contrôleur[26] qu'une nouvelle image à afficher est disponible.

3.4 Moyens pour la capture vidéo (non-implémentés)

3.4.1 Capture en rafale

Le script du raspberry Pi ne prend plus une image à la fois mais prend des images à intervalle régulier et les stocke dans le dossier habituel lorsqu'il est activé.
Sur l'ordinateur, un script est également appelé à intervalle régulier et va vérifier si une nouvelle image a été enregistrée. Dès qu'il en détecte une nouvelle, il la récupère et prévient le contrôleur qu'il y a une nouvelle image à afficher.

3.4.2 Transfert continu

L'API de la caméra du Raspberry Pi gère l'écriture dans les flux[27] et Python permet d'utiliser les interfaces réseau pour créer de tels flux. En théorie, il est donc possible de créer un flux continu entre le robot et l'ordinateur ce qui permettrait d'avoir un retour vidéo aussi fluide que la connexion le permet.

4 Réalisation

4.1 Dossier de réalisation

4.1.1 Arborescence du programme

- src : dossier racine de l'application en elle-même
  - img : contient les images utilisées pour l'interface de l'application
  - app : contient les fichiers de configuration et de log pour l'application
    - images : dossier de stockage des images récupérées du robot

[24] Protocole : ensemble de règles et de conventions destinées à régir une action informatique
[25] SCP : voir point 4.1.4.3
[26] Contrôleur : partie d'un programme se chargeant de faire le lien entre les fonctions du programme et l'affichage
[27] Flux : (complexe) suite d'éléments informatiques traités séquentiellement

4.1.2 Matériel

- 1 robot
- 1 point d'accès Wifi
- Un ordinateur avec carte Wifi
- Matériel d'entretien du robot (multimètre, chargeur)

4.1.3 Code source

- **PilotApp.py** : Racine[28] du programme
- App.py : Description de la classe App qui décrit les fonctionnalités et le comportement du programme lui-même
- **View.py** : Description de la classe [29]View et des classe dérivées ImageView et ControlView qui décrivent les différentes vues composant l'interface graphique
- Setting.py : Description de la classe Setting décrivant l'apparence et le comportement des paramètres de l'application et du robot
- **NetControls.py** : Description de la classe NetControls qui commande le robot à distance
- **NetCamera.py** : Description de la classe NetCamera qui ordonne la prise de vue au robot et récupère le fichier
- **SettingSaver.py** : Description de la classe SettingSaver qui se charge de récupérer la valeur des paramètres et de les enregistrer dans les fichiers de configuration de l'application et du robot
- **Logger.py** : Description de la classe Logger qui enregistre les logs dans le fichier prévu à cet effet

4.1.4 Technologies et librairies utilisées

4.1.4.1 Python

Python est un langage de programmation haut niveau[30], interprété[31] et orienté objet[32] avec une syntaxe simple basée sur l'indentation pour la définition des blocs de code. Il est extensible via l'utilisation de modules.

L'application développée dans le cadre de ce TPI ainsi que les scripts utilisés sur le Raspberry Pi seront entièrement programmés en Python 3 et seuls les modules standards seront utilisés.

[28] Racine : point de départ d'un programme
[29] Classe : élément fondamental de la programmation Orientée-Objet servant à définir un objet et son comportement
[30] Haut niveau : se dit d'un langage dont les instructions sont axées sur la résolution du problème sans se préoccuper du matériel
[31] Interprété : se dit d'un langage dont les instructions sont lues lors de l'exécution d'un programme par opposition à un langage compilé dont les instructions doivent être traduites dans un langage plus proche de la machine avant de pouvoir être exécuté
[32] Paradigme informatique consistant à décrire le problème comme un ensemble d'interactions entre plusieurs objets avec des caractéristiques et des comportements propres

4.1.4.2 SSH

SSH est un protocole de console à distance dérivé de Telnet implémentant en plus des mécanismes d'encryption[33] des communications (par mot de passe ou clés asymétriques) afin d'en améliorer la sécurité (d'où le nom Secure SHell). Il permet donc de prendre le contrôle d'un ordinateur à distance à travers une interface en ligne de commande[34].

Dans mon programme, SSH est utilisé afin de permettre à l'application de se connecter au robot (plus précisément au Raspberry Pi) et de lui envoyer les ordres de pilotage ou de prise de vue afin que pour détecter l'enregistrement d'une nouvelle image sur le robot. Afin de simplifier la connexion, l'ouverture de session se fait à l'aide d'une paire de clé dont l'exemplaire public se trouve déjà sur le robot. La clé privée doit donc être transmise en même temps que l'application afin que la connexion puisse se faire.

4.1.4.3 SCP

SCP (Secure CoPy) est un utilitaire de copie sur le réseau basé sur le protocole RCP et sécurisé à l'aide de SSH. Il permet de récupérer un fichier enregistré sur un ordinateur distant de manière sécurisée car encryptée.

Dans le cadre de l'application, il est utilisé afin de récupérer les clichés pris par le Raspberry Pi afin qu'ils puissent être affichés dans l'interface de l'application.

4.1.4.4 Subprocess (Python)

Le module subprocess est un module standard de Python permettant l'exécution de programmes externes à l'application ainsi que la redirection des flux d'entrées et sorties de ceux-ci afin de pouvoir les utiliser de manière automatisée au sein même de l'application.

L'utilisation des programmes SSH et SCP décrit plus haut est rendue possible par l'utilisation des subprocess. Sans ces derniers, il aurait fallu utiliser des librairies (dont certaines non-intégrées par défaut à Python) permettant l'utilisation de ces protocoles par le langage lui-même et qui n'ont pas toutes la réputation d'être très stables, intuitives voire simplement compatibles avec mon infrastructure.

4.1.4.5 Tkinter (Python)

Tkinter est un module standard de Python servant d'interface entre le langage et Tk, une bibliothèque d'interface graphique multi-plateforme originellement créé pour le langage de script TCL et intégrant un grand nombre de « widget » permettant la création rapide d'interfaces basiques

[33] Encryption : dissimulation du contenu d'un message en modifiant son contenu à l'aide de règles pré-établies afin que seul le récepteur désiré puisse le déchiffrer
[34] Interface en ligne de commande (CLI) : interface homme-machine où la communication se fait via des lignes de texte

L'interface graphique de mon application est intégralement conçue en utilisant Tkinter et certaines classes utilisées afin de composer l'interface héritent de classes Tkinter

4.1.5 Problèmes rencontrés

4.1.5.1 Plantages de l'ordinateur à cause de la carte Wifi USB

Après une mise à jour de l'ordinateur lors du TPI, l'utilisation de la carte Wifi USB pour se connecter au routeur faisait planter l'ordinateur. Après plusieurs redémarrages et la venue de M. Jäggi du service informatique, il s'est avéré que la panne ne survenait que lorsque la carte Wifi était branchée sur un port USB3.

4.1.5.2 Connexion SSH ne chargeant pas les alias ou faite avec un PATH[35] restreint

L'ouverture d'une session SSH à l'aide des subprocess Python diffère légèrement d'une ouverture « conventionnelle » dans un shell[36] dans le sens où les alias ne semblent pas être chargés, ce qui complique le contrôle du robot. Afin de pouvoir les utiliser, il a fallu utiliser les options de la commande « ssh » permettant l'allocation d'un pseudo-terminal. Le problème s'étant présenté ensuite fut qu'une telle utilisation de la commande créait un pseudo-terminal dont le PATH (la liste des dossiers où le terminal peut aller chercher les commandes entrées par l'utilisateur) n'incluait pas le dossier contenant les commandes de gestion de la connexion I2C. Avec l'aide de M. Hurni, j'ai appris que la configuration d'un terminal Linux se faisait par l'exécution de fichiers « profile » et que différents fichiers de ce type étaient chargés en fonction du type de connexion. En fouillant dans la documentation de l'utilitaire OpenSSH, j'ai découvert l'existence d'un argument permettant de demander le bon type de connexion ce qui m'a permis d'utiliser les commandes de pilotage comme désiré

4.1.5.3 Lenteur de l'ouverture d'une session SSH

Le problème majeur de la fonction la plus simple d'utilisation du module subprocess de Python est que la session est ouverte, la commande exécutée, puis la session est close. Cela signifie que lorsqu'on voudra exécuter une nouvelle commande, la session devra être ré-ouverte ce qui implique une latence non-négligeable dans un contexte de pilotage. De plus, pendant tout le temps où la commande est exécutée, l'application est en attente et ne répondra aux événements utilisateur que lorsque la commande sera terminée. Malheureusement, après quelques recherches sur internet, il s'avère que la création d'une connexion SSH persistante à l'aide des subprocess de python n'est pas possible et que même si elle l'était, elle impliquerait des instabilités logicielles potentielles qui pourraient aller jusqu'à faire planter l'application si des mesures complexes ne sont pas mises en œuvre.

[35] PATH : variable de configuration du système d'exploitation où ce dernier ira chercher les programmes demandés par l'utilisateur lorsque ce dernier ne renseigne pas de chemin précis
[36] Shell : terminal permettant l'exécution de programme en ligne de commande et l'affichage du résultat de ces derniers

4.1.5.4 Caméra nécessitant un temps de « chauffe »

Dans la documentation officielle de la caméra du Raspberry Pi, il est recommandé de laisser à la caméra au minimum 2 secondes de « preview » afin qu'elle puisse procéder à un certain nombre de réglages automatiques. Comme la caméra n'est pour le moment activée que lors d'une prise de vue et désactivée une fois cette dernière faite, ce temps de « chauffe » doit se faire à chaque prise d'un cliché. Ces 2 secondes s'ajoutent alors aux autres délais lors d'une prise de vue. L'utilisation de l'interface de la caméra en ligne de commande pourrait permettre de lancer la caméra au lancement de l'application mais il faudrait à ce moment-là désactiver la caméra à la fermeture de celle-ci ce que je n'ai pas encore trouvé comment faire.

4.1.5.5 Débit de connexion faible

Pour une raison encore inconnue, la vitesse de transfert entre l'ordinateur et le robot lors de l'utilisation du SCP est très lente (~50kB/s) ce qui entraîne un temps de transfert d'environ 3 secondes pour une image GIF de dimension 600x600px. C'est donc du temps qui s'ajoute aux autres délais lors d'une prise de vue

4.1.5.6 Gestion des images par Tkinter et caméra Raspberry Pi

Tkinter ne gère nativement que les formats d'image «.gif», «.pgm», «.ppm». Parmi ces trois, seul le GIF est un format dans lequel l'API[37] de la caméra du Raspberry Pi est officiellement capable d'enregistrer une image. En pratique, bien que les GIFs puissent être lu par l'application elle-même, l'image n'est pas d'excellente qualité et ne peut être ouverte que par certains logiciels (Firefox, Chrome, VSCode…). Cela ne pose pas problème pour l'application en tant que telle, mais l'utilisateur doit en être conscient s'il souhaite consulter les images hors de l'application

4.2 Description des tests effectués

4.2.1 Tests de fonctionnalités

Test	Procédure	Constatation
Test de déplacement simple (GUI)	Clic sur chacun des boutons directionnels de l'interface. Le robot doit se déplacer dans la direction correspondante	La direction fonctionne. Léger décalage à droite lors du déplacement en avant dû aux moteurs du robot
Test de déplacement simple (Clavier)	Appui sur les touches directionnelles du clavier. Le robot doit se déplacer dans la direction correspondante	Idem que pour le point précédent
Test de pilotage avancé	Appui sur deux touches	La direction fonctionne.

[37] API : Interface de programmation mettant à disposition un certain nombre de fonction permettant d'utiliser certaines fonctionnalités d'un programme ou d'un appareil de manière simplifiée et/ou sécurisée

	directionnelles à la fois. Le robot doit se déplacer dans la direction correspondante	Relâcher une seule touche stoppe le robot complètement. Le robot commence par exécuter une commande simple avant de procéder à la commande avancée
Test de prise de vue	Clic sur le bouton de prise de vue. Le robot doit prendre une photo et l'interface doit l'afficher	La commande fonctionne
Test de paramétrage	Entrer de nouvelles valeurs dans les champs de paramètre puis valider. Les options doivent être enregistrées correctement sur le périphérique approprié	La fonctionnalité fonctionne
Test de feedback (log et témoin)	Pour chaque action précédente, un log doit être généré, affiché et enregistré dans le fichier de log. Une communication avec le robot doit changer la couleur du fond de la vue de contrôle en fonction du succès de la commande	Les logs sont générés comme il faut et la couleur de fond change de manière adéquate même si cela peut prendre beaucoup de temps lors d'une communication infructueuse

4.2.2 Tests de performance

Les tests de performance reprennent les tests de déplacement et de prise de vue des tests de fonctionnalité mais le temps d'exécution est calculé grâce aux logs.

Test	Constatation
Test de déplacement	Temps moyen de latence : 1.06s Dans un contexte de pilotage, c'est très haut
Test de prise de vue	Temps moyen de latence : 7.7s C'est un peu long surtout que cela bloque l'application pendant ce temps

4.3 Erreurs restantes

- Latence de pilotage (voir point 4.1.5.3)
- Temps de prise de vue (voir points 4.1.5.3 – 4.1.5.5)

- Relâcher une seule touche dans un contexte de pilotage avancé (deux touches enfoncées) stoppe complétement le robot
- Bouger le curseur dans un champ de texte pour les paramètres fait aussi bouger le robot (avec la latence qui va avec)

4.4 Dossier d'archivage

- PilotApp
  - doc :
    Dossier contenant tous les fichiers de conception du projet (documentation, mockup…)
  - src
    Dossier racine de l'application elle-même (voir 4.1.1).

5 Mise en service

5.1 Installation

5.1.1 Pré-requis

- Commande « scp » dans les PATH
- Commande « ssh » dans les PATH
- Interpréteur python 3

5.1.2 Installation du logiciel

- Télécharger les fichiers
- Placer la clé privée dans le dossier adéquat (~/.ssh/)
- Pour lancer le programme, exécuter le fichier « PilotApp.py » depuis le dossier où il est installé

5.2 Liste des documents fournis

- Rapport du projet : DocumentationAnthonyJaccard.pdf
- Résumé du rapport : ResumeAnthonyJaccard.pdf
- Planification : PlanificationAnthonyJaccard.pdf
- Fichiers d'installation (fichiers source, manuel d'utilisation texte et clé privée) : Installation.zip

6 Conclusions

Tout au long de ce TPI j'ai pu me familiariser avec le langage de programmation Python qui est un des langages les plus populaires actuellement et j'ai pu me rendre compte de ses avantages et de ses inconvénients. J'ai par exemple découvert que malgré les nombreux avantages de cette méthode, je ne suis pas très fan du typage dynamique [38]car je trouve que ce que cela fait gagner en flexibilité, on le perd en lisibilité et en suggestivité des fonctions et méthodes. Je ne suis pas non plus un

[38] Typage dynamique : mécanisme de typage où le type d'une variable (texte, nombre, etc…) n'est pas défini par le programmeur et est donc résolu par le programme lors de l'exécution

grand amateur du fait de devoir ajouter « self » comme premier argument d'une méthode car je trouve cela redondant. En revanche, je dois admettre que je n'aurais probablement pas été capable de terminer l'application dans le laps de temps imparti si j'avais utilisé un langage comme C/C++ avec lesquels je suis pourtant plus familier. Non seulement leur syntaxe et le fait qu'il s'agisse de langages de bas niveau aurait considérablement augmenté la quantité de code à écrire mais la librairie standard de ces langages est bien moins étoffée que celle de Python et il aurait alors fallu installer des librairies externes, les configurer, les maîtriser ce qui aurait encore demandé plus de temps.
Malgré tout, ma volonté de n'utiliser aucune bibliothèque non-standard m'a probablement simplifié la vie mais ne m'a clairement pas permis de créer une application aussi fonctionnelle que je l'aurais voulu. En effet, subprocess, bien que très pratique et simple d'utilisation, ne permet pas de créer de connexion SSH persistante ce qui m'a obligé à adopter une approche bien moins adaptée. De son côté, tkinter, bien que toujours bien pratique, commence à accuser le poids des ans. En plus de ne plus vraiment être au goût du jour d'un point de vue graphique, il est également limité en terme de formats d'images supportés. M'autoriser à utiliser des librairies tierces m'aurait sans doute permis d'utiliser des outils plus adaptés à ce que je souhaitais faire mais il aurait fallu pour cela faire quelques recherches supplémentaires sur les librairies disponibles avant de me lancer.
En l'état, mon application sert plus de « proof of concept » qu'à être véritablement utilisée par n'importe qui et une réécriture complète du programme serait sans doute nécessaire afin de repartir sur des bases saines. Cependant ce projet m'aura poussé à apprendre à utiliser bon nombre de mécanismes et protocoles que je pourrai probablement appliquer dans de futurs projets. Chercher des solutions à mes problèmes m'a amené à apprendre l'existence de nombreuses techniques de programmation que je pourrai creuser dans le futur si je suis de nouveau confronté à ces mêmes problèmes et que j'ai envie de tenter une solution alternative. En cela, et malgré le fait que le programme ne fonctionne pas aussi bien que désiré, je considère le projet comme réussi.
Comme suggéré par M. Hurni, une amélioration possible s'il restait plus de temps consisterait à créer une classe qui se chargerait de toutes les communications avec le robot selon un protocole plus étendu que celui décrit au sein de ce rapport. Cela améliorerait la modularité du code tout en simplifiant les logs en les faisant toutes passer par un unique endroit du code. Il serait aussi intéressant de tirer parti d'une librairie comme Fabric pour la connexion SSH qui permettrait alors de créer une connexion SSH persistante qui réduirait la latence durant le pilotage en évitant de devoir recréer une nouvelle connexion à chaque fois.

7 Annexes

7.1 Sources – Bibliographie

- https://www.ssh.com/
- https://picamera.readthedocs.io/en/release-1.13/
- http://infohost.nmt.edu/tcc/help/pubs/tkinter/web/index.html
- https://www.sololearn.com
- https://acrisel.github.io/posts/2017/08/ssh-made-easy-using-python/
- https://www.openssh.com/

- https://stackoverflow.com/

7.2 Manuel d'Utilisation

7.2.1 Démarrage

Démarrer le robot. Laisser le temps à l'OS de charger (env. 1 minute). Pour lancer l'application, exécuter le script « PilotApp.py »

7.2.2 Pilotage

Le pilotage peut se faire de deux manières différentes : via les boutons de l'interface ou via les touches directionnelles du clavier. Les deux font essentiellement la même chose mais le clavier permet d'enfoncer deux touches en même temps pour avoir un contrôle plus précis du robot

7.2.3 Prise de vue

Cliquer sur le bouton caméra de l'interface graphique permet de prendre une photo et de l'afficher dans l'interface. Les images sont stockées au format GIF dans le dossier « app/images » (par défaut). Si les images ne sont pas récupérées et stockées ailleurs entre deux sessions de pilotage, elles seront écrasées lors de l'enregistrement par l'application d'une nouvelle image portant le même nom.

7.2.4 Configuration

Il est possible de modifier la configuration de l'application (Dossier de stockage des images sur l'ordinateur/le robot, dimensions de l'image, adresse de l'hôte) depuis l'interface de l'application. Les données doivent respecter un format déterminé par le type de paramètre.

- Adresse de l'hôte : [nom d'utilisateur]@[adresse IP de l'hôte]
- Chemin de dossier : [chemin]/[du]/[dossier]/ (ne pas oublier le « / » à la fin)
- Résolution d'image : [largeur]x[hauteur]

7.2.5 Log

Les logs sont affichés dans la partie de l'interface graphique prévue à cet effet. Cependant, seuls les 8 derniers log sont affichés. Pour consulter l'intégralité des logs, il faut lire le fichier « robot.log » contenu dans le dossier « app » de l'application. Attention, le fichier est vidé à chaque lancement de l'application, il est donc nécessaire de sauvegarder les logs ailleurs pour les conserver.

7.2.6 Recommandations

- Vérifier régulièrement la tension de la batterie (ne pas descendre en dessous de 9.9V)
- Eviter les changements de direction (avant/arrière ou droite/gauche) trop brusques
- Lors de la modification d'un paramètre, changer l'emplacement du curseur à l'aide de la souris au lieu des touches directionnelles

7.3 Archives du projet

Un DVD contenant le dossier d'archivage