Une image contenant objet

Description générée automatiquement

|  |  |
| --- | --- |
| KADAR Mehdi | Année 2018-2019 |

« Développement d’une Plateforme RObot MUltidisciplinaire (PROMU) »

Rapport de stage

DUT Génie Electrique et Informatique Industrielle

Du 15 avril au 21 juin 2019

INSA Lyon GE

Laboratoire Ampère

Bâtiment Saint Exupéry, 25 avenue Jean Capelle69100, Villeurbanne

|  |  |
| --- | --- |
| Tuteur entreprise : M. DELPOUX |  |
| Tuteur pédagogique : M. BIANCO | IUT Lyon 1 – Département GEII |

# Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon Tuteur pédagogique, M. BIANCO de l'Université Lyon 1 qui m'a permis de postuler dans cette entreprise. Je le remercie aussi pour son écoute, ses conseils, sa confiance et les connaissances qu’il a su partager avec moi. La qualité de son encadrement en entreprise était remarquable.

Je voudrais aussi adresser toute ma gratitude à mon maître de stage M. DELPOUX, Maitre de Conférences de l’INSA Lyon, pour sa disponibilité et surtout l’autonomie qu’il m’a offert pendant ce stage. Grâce à sa confiance j'ai pu m'accomplir totalement dans mes missions. Il fut d'une aide précieuse dans les moments les plus délicats.

Il est aussi important que je site mon binôme M. VALETTE, qui a travaillé avec moi tout au long du stage et qui m’a permis de passer un bon moment durant ces 10 semaines.

Je remercie également M. BRUN, M. GRENIER ainsi que tout le personnel pour leur accueil, leur conseille ainsi que leur bienveillance.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont conseillé et relu lors de la rédaction de ce rapport de stage.

Table des matières

[Remerciements 3](#_Toc11837337)

[Table des illustrations 5](#_Toc11837338)

[Introduction générale 6](#_Toc11837339)

[Contexte de la mission 7](#_Toc11837340)

[1) Le groupe INSA 7](#_Toc11837341)

[2) INSA Lyon 7](#_Toc11837342)

[3) Département Génie Electrique 9](#_Toc11837343)

[Présentation technique de la mission 9](#_Toc11837344)

[1) Objectif(s) 9](#_Toc11837345)

[2) Analyse de l’existant 10](#_Toc11837346)

[a) Les robots mobiles 10](#_Toc11837347)

[b) Le bras robotique 11](#_Toc11837348)

[3) Les contraintes et enjeux 12](#_Toc11837349)

[Mise en œuvre de la mission 12](#_Toc11837350)

[1) Découverte de la mission 12](#_Toc11837351)

[2) Mise en place de la liaison série 13](#_Toc11837352)

[3) Contrôle des moteurs 16](#_Toc11837353)

[4) Acquisition des données de la caméra 18](#_Toc11837354)

[5) Traitement des données de la caméra 19](#_Toc11837355)

[6) Amélioration de la visualisation 22](#_Toc11837356)

[7) Mise en place de la communication entre le bras et le robot mobile 22](#_Toc11837357)

[8) Amélioration du la configuration du Robot mobile 24](#_Toc11837358)

[Bilan de la mission (intermédiaire ou final) 25](#_Toc11837359)

[Bilan personnel 26](#_Toc11837360)

[ANNEXES 27](#_Toc11837361)

[Annexes 1 : Mise en place de la liaison série sur la Raspberry 27](#_Toc11837362)

[Annexes 2: Ficher SerialObj.h 32](#_Toc11837363)

[Annexes 3: Ficher SerialObj.cpp 33](#_Toc11837364)

[Annexes 4 : Code Arduino du protocole de communication 42](#_Toc11837365)

[Annexes 5 : Fonction process () 44](#_Toc11837366)

[Annexe 6 : Exécution de LineDetector sur la Raspberry 45](#_Toc11837367)

[Bibliographie 54](#_Toc11837368)

[Résumé 55](#_Toc11837369)

# Table des illustrations

[Figure 1: Logo Group INSA 7](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837370)

[Figure 2: Carte montrant la localisation de l'INSA de Lyon 8](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837371)

[Figure 3: Schéma du système à développer 10](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837372)

[Figure 4: Image des capteurs placé sous le robot 10](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837373)

[Figure 5: Suivie de la ligne à l'aide de la caméra 13](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837374)

[Figure 6: Synoptique du Robot mobile 14](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837375)

[Figure 7: Organigramme du programme de teste de la liaison série 16](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837376)

[Figure 8: Organigramme de l'application qui permet de contrôler les roues à l'aide de la liaison série 17](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837377)

[Figure 9: protocole de communication entre l'Arduino et la Raspberry 17](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837378)

[Figure 10: Modélisation de l'acquisition des données de la caméra 19](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837379)

[Figure 11: Changement de l'origine 20](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837380)

[Figure 12: schéma bloc du système 21](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837381)

[Figure 13: Organigramme de l'asservissement 21](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837382)

[Figure 14: Schéma de la communication sans fil 23](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837383)

[Figure 15: Organigramme de la collaboration entre le robot et le bras 24](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11837384)

[Tableau 1: Les différents formations de l'INSA de LYON 8](file:///C:\Users\mehdi\Documents\ancien%20bureau\projet_arduino\Projet_1\KADAR_INSA.docx#_Toc11828017)

# Introduction générale

Du 15 avril au 21 juin 2019, j’ai effectué mon stage de fin de DUT en Génie Electrique et Informatique Industrielle (GEII) au sein de l’INSA Lyon située à Villeurbanne. Au cours de ce stage dans le département Génie Electrique, j’ai pu m’intéresser aux stratégies de pilotage et à la collaboration de système électronique complexe.

L'INSA Lyon est la première école d'ingénieurs postbac de France. Elle accueille chaque année une grande diversité de profils parmi les meilleurs bacheliers de France. Sa notoriété en France, en Europe et à l’international et dû notamment à sa proximité avec les entreprises mais essentiellement grâce à l’excellence de son enseignement.

Aujourd’hui, elle développe une nouvelle plateforme pédagogique pour leurs futurs étudiants. A ce jour, cette plateforme comporte des robots mobiles pilotés pour suivre une ligne. Récemment des bras montés sur un rail viennent compléter la plateforme. Mon projet a pour but de mettre en œuvre, dans un premier temps, des stratégies de pilotage pour chaque système puis, dans un second temps, de faire collaborer les bras manipulateurs avec les robots mobiles.

Dans ce rapport, je commencerai par vous présenter l’organisme qui m’a accueillie. Par la suite, je parlerai du projet que l’on m’a confié en partant de l’étude, en passant par la conception et en finissant par les différents tests effectués. Pour finir, je développerai cette expérience d’un point de vue plus personnel pour décrire ce que m’ont apporté ce stage et ces deux années au sein de l’IUT (Institut Universitaire Technologique).

# Contexte de la mission

## Le groupe INSA

Le groupe INSA (INSA) est constitué de 14 établissements publics français de recherche et d’enseignement supérieur. Plus grand ensemble de formation d'ingénieurs en France (10 % des ingénieurs), ils délivrent principalement le diplôme d’ingénieur après une formation de cinq années après le baccalauréat. Leurs étudiants sont appelés Insaïens ou parfois Insaliens.

Il est constitué des INSA fondatrices qui ont une identité commune et des écoles partenaires qui sont historiquement indépendantes. L'ensemble recrute grâce au concours commun du groupe INSA (pour l'admission postbac seulement).

L'histoire de ce groupe entre dans le cadre d'une politique de décentralisation. De création assez récente, les INSA ont essentiellement un objectif social qui est de donner accès au plus grand nombre d'étudiants à des études supérieures de qualité quel que soit leur milieu d'origine.

Figure 1: Logo Group INSA

## INSA Lyon

Créé en 1957 par le philosophe Gaston Berger et le recteur Jean Capelle, l’INSA Lyon est le plus ancien et le plus important des six établissements du Groupe INSA.

L’INSA Lyon compte treize unités de recherche en rattachement principal, et sept en rattachement secondaire ; ces unités sont pour la plupart des UMR avec le CNRS. L’INSA Lyon est l’établissement support de deux écoles doctorales, est cohabilitée pour six autres, et est associée à une dernière.

INSAVALOR, filiale de l’INSA Lyon, a pour mission principale le transfert et la valorisation des activités de recherche menées par les 23 laboratoires de recherche.

Le directeur de l’INSA de Lyon est M. Maurincomme depuis 2011. C’est un ingénieur français, et ex-vice-président du Marketing & Business Développent chez Agfa Healthcare (Belgique).

En 2018, l’INSA de Lyon comportait 5383 étudiants avec un effectif de 1960. Leur budget c’était élevé à 55 600 000 euros.

Une image contenant texte, carte

Description générée automatiquementComme le montre la carte dans la figure 2, leurs locaux se situe à Villeurbanne dans le campus de la Doua.

Figure 2: Carte montrant la localisation de l'INSA de Lyon

Tableau 1: Les différents formations de l'INSA de LYON

Une image contenant capture d’écran

Description générée automatiquement

## Département Génie Electrique

Le département de Génie Electrique assure une formation d’ingénieurs pluridisciplinaires dans le domaine des systèmes électriques, permettant de s'insérer activement dans tous les secteurs du génie électrique : la conversion d’énergie, les systèmes embarqués, les télécommunications, l'automatisme industriel, le traitement du signal et des images, les véhicules électriques, les réseaux de distribution de l'énergie.

L’objectif de la formation est l’acquisition de connaissances théoriques et de compétences pratiques dans les domaines de l’Electronique, de l’Electrotechnique, de l’Automatique, de l’Informatique Industrielle et des Télécommunications, cela se formalise par 55% des enseignements du département. Les 45% restant sont à déterminer par l'étudiant afin de développer son projet professionnel : l’international, le stage industriel (6 mois), le Projet de Fin d’Etude (5 mois), l'option de 5e année.

# Présentation technique de la mission

## Objectif(s)

L’objectif de mon stage est de mettre en place une plateforme robot multidisciplinaire qui servira de base pour la création de nouveau travaux pratique pour les futurs étudiants de l’INSA.

Des robots mobiles viendront se déplacer le long d’un parcours délimité par une ligne noire. Autour de la ligne, deux bras électroniques serons présents. Les robots devront s’arrêter à coté de chacun d’eux.

Quand le bras manipulateur 1, représenté dans la figure 2, détectera l’arrivé d’un robot, il récupèrera un cube dans un des stocks placés à côté de lui et viendra charger ce cube sur le robot. Quant au bras manipulateur 2, il s’occupera de récupérer le cube présent sur le robot et de le décharger sur une des boîtes présente le long du rail.

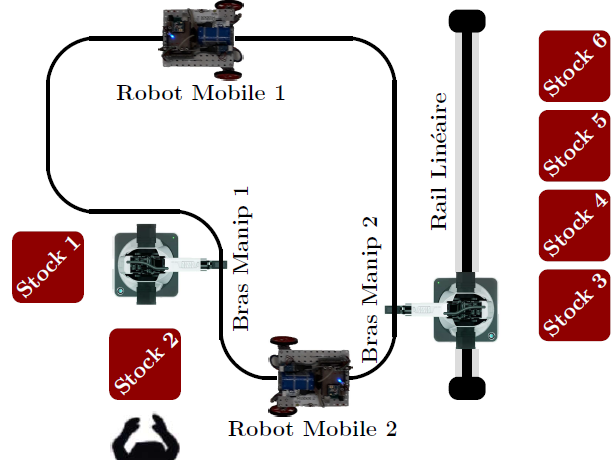


Figure 3: Schéma du système à développer

## Analyse de l’existant

### Les robots mobiles

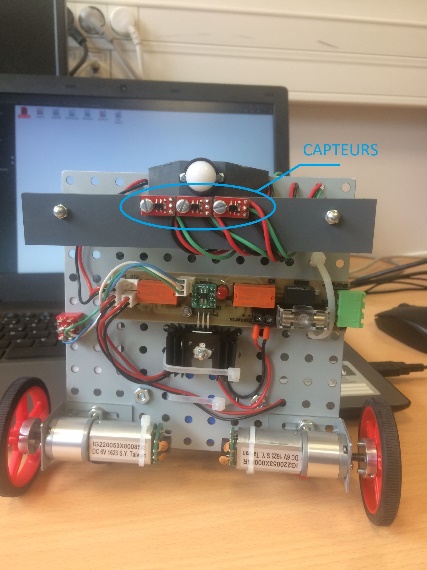
Lors de mon arrivé, les robots mobiles ont déjà été programmé dans le but de suivre la ligne. C’était le sujet d’un des TP d’automatisme élaboré par les enseignants de l’INSA. La détection de la ligne se faisait à l’aide de capteurs placé sous le robot (voir figure 4).

Figure 4: Image des capteurs placé sous le robot

Le principe de fonctionnement est simple. On envoie une commande constante aux roues et en fonction de si la ligne est détectée par le capteur de droit, du milieu ou de gauche, on ajoute une constant avec un coefficient proportionnel sur une des deux roues afin de recentrer le robot sur la ligne.

Cependant, l’acquisition des données à l’aide de ces capteurs présentait une limite au niveau de la performance du suivie de ligne. En effet, on pouvait constater des oscillations assez fréquentes, ce qui pourrais, par la suite, dans le cas d’un développement future, s’avéré gênant ou pourrais entraver le fonctionnement global du système.

L’acquisition des données se fera donc à l’aide d’un autre moyen plus efficace mis en place durant ce stage.

Mon maître de stage m’a donc confié la mission de mettre en place un asservissement visuel à l’aide d’une caméra brancher à un Raspberry. Cette méthode devrait pouvoir améliorer l’efficacité du robot.

Pour être claire, le robot sera divisé en deux parties. La première est l’Arduino qui s’occupe de contrôler les roues et la deuxième est la Raspberry qui s’occupe de détecter la ligne.

Afin de pouvoir commander les roues, l’Arduino aura besoin des informations collecté par la caméra de la Raspberry. C’est pourquoi j’ai dû mettre en place un Protocol de communication entre l’Arduino et la Raspberry afin qu’ils puissent communiquer entre eux.

### Le bras robotique

Le bras robotique a été développé par la société Yuejiang et lui ont attribué le nom de Dobot Magician. Ce produit a été imaginé dans le but de développer les compétences en programmation des étudiant tout en leur proposant un outil polyvalent et intelligent pour de nombreuses opérations de robotique industrielle.

Cet outil nous sera très utile durant ce stage, non seulement afin de réaliser le système que je vous décris un peu plus tôt mais aussi car elle est parfaitement adaptée a la visé pédagogique que nous essayons d’atteindre.

Ce bras robotique se programme normalement à l’aide de Dobot Studio, l’IDE développer par son créateur. Cependant, pour ce qui concerne le contrôle du bras, notre tuteur de stage à voulu que nous nous servions du protocole de communication qui est fournie avec le Dobot afin de le contrôler avec la liaison série de l’Arduino.

### Les contraintes et enjeux

Comme mon projet doit servir pour la création de nouveau travaux pratique pour les futurs étudiants de l’INSA, il a fallu que j’axe le développement de mon code dans ce sens-là.

Mon code devra être robuste et abordable pour des étudiants de l’INSA et devra également garder une certaine flexibilité afin d’être utilisé de plusieurs manière différente. On ne devra pas donc se limiter au fonction utiles pour ce projet mais on devra faire le tour de ce qui est possible avec le matérielle qui nous est fourni afin de pouvoir, par la suite, multiplier les actions pratiques.

Aussi comme nous utilisons des Arduino, on a dû apprendre le développement en c++, un langage qui n’a pas été enseigné lors de notre DUT.

La Raspberry que j’ai utilisé fonctionne sous le système d’exploitation Raspbian. Je devais donc me familiariser avec l’environnement Linux.

Enfin, la faite de travailler en collaboration avec d'autres professeurs nous a obligé à utiliser un outil collaboratif afin de partager nos avancements. C’est pourquoi un dépôt git a été créé. On devait donc apprend à utiliser cet outil qui est d’ailleurs très utilisé chez les développeurs en informatique.

# Mise en œuvre de la mission

## Découverte de la mission

La première semaine de stage m’a permis de me familiariser avec le matériel et l’environnement de travail. Durant cette période j’ai pu mettre aux claires les tâches que je devais accomplir avec leur ordre de priorité.

Comme nous étions en binôme, nous devions nous répartir les taches de manière à avancer plus vite. Après une analyse du cahier des charge nous avons pu diviser ce projet en trois gros blocs.

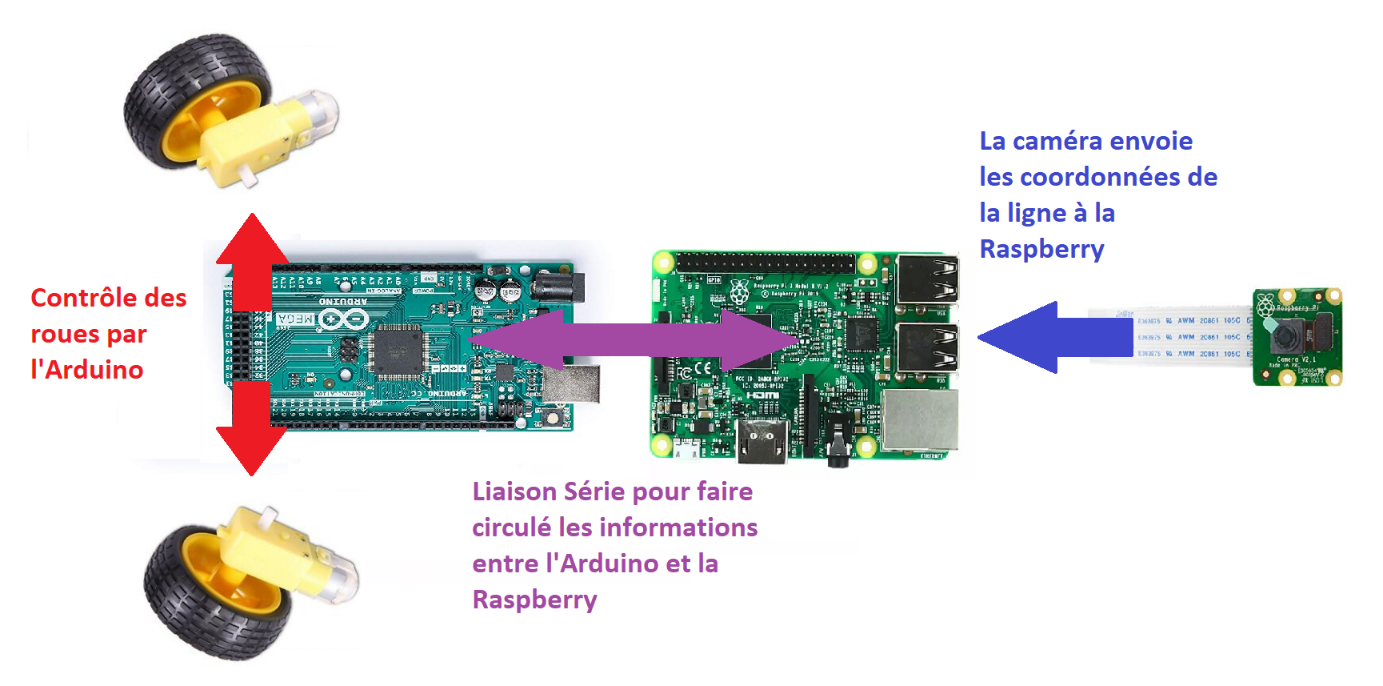
La première partie consiste à gérer le suivit de ligne du robot à l’aide de la caméra branché sur la Raspberry. Voici un schéma qui explique le système à obtenir :

Figure 5: Suivie de la ligne à l'aide de la caméra

La deuxième partie concerne le bras robotique. Le protocole de communication entre l’Arduino et le Dobot Magician doit être respecté. Aussi, des fonctions devrons être développer afin d’avoir accès à toutes les fonctionnalités que peu offrir cet appareil. Le code doit être assez claire et compréhensible pour pouvoir être réutilisable par une tierce personne.

Parmi toutes les commandes qui peuvent être développé pour contrôler le bras, certaine sont plus utile pour notre application que d’autre. On a donc dû faire une sélection en se basant sur ce dont on aura besoin pour notre système final.

La dernière partie est plus complexe. On devra trouver un moyen qui nous permettra de synchroniser le robot avec le bras. Cette partie ne peut être abordé que si les deux premières parties sont fini.

## Mise en place de la liaison série

Consternant la répartition des tâches, je me suis occupé de développer la première partie : le robot mobile. Pour commencer, j’ai fait un synoptique (figure 6) qui m’a servie de structure de base afin d’avancer efficacement dans mon travail.

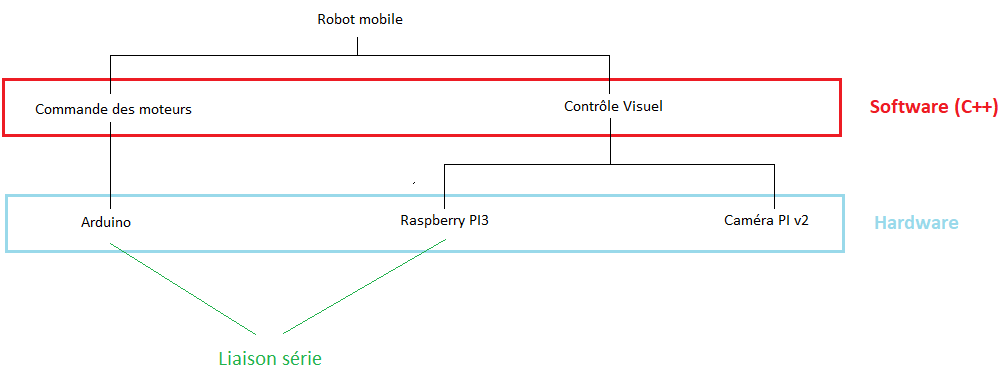


Figure 6: Synoptique du Robot mobile

On m’a mis à disposition une Arduino Méga 2560 et une Raspberry pi3 b+ afin de réaliser mes tests.

En ce qui concerne l’environnement de développement, j’ai travaillé sur un poste fixe Windows avec l’IDE Arduino. Du côté de la Raspberry j’ai pu installer Eclipse.

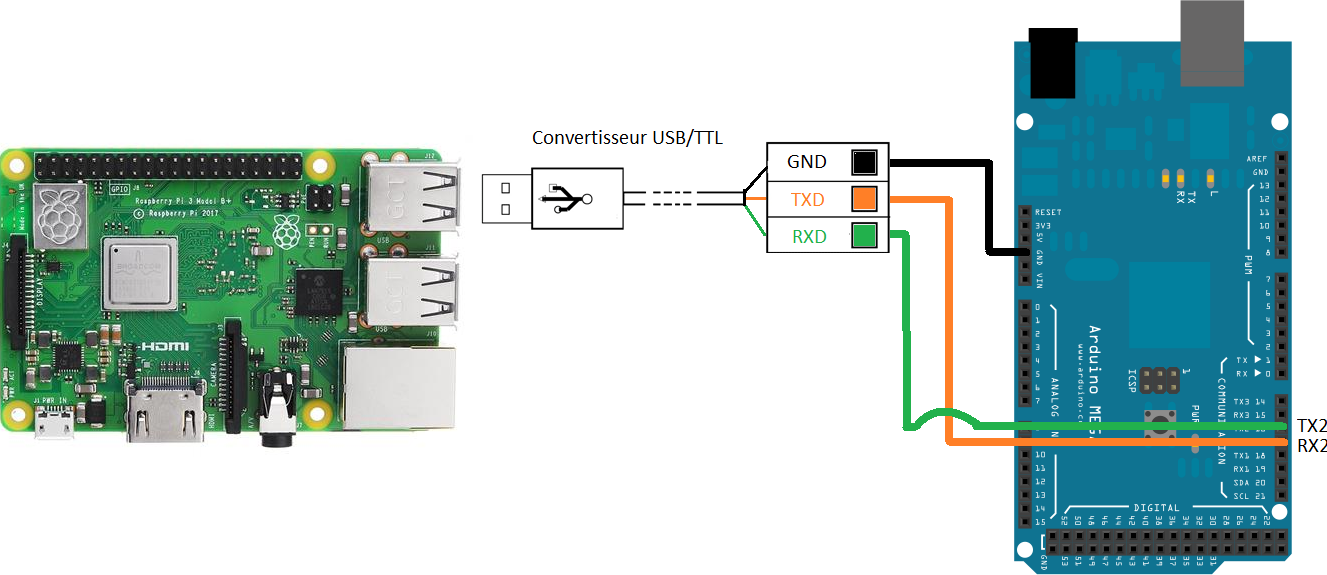
Afin de connecter l’Arduino à la Raspberry, j’ai utilisé, comme vous pouvez le voir figure 9, un convertisseur USB/TTL.

Figure 9 : schéma de la liaison physique entre la Raspberry et l'Arduino

Comme j’ai déjà eu l’occasion de travailler avec des Arduino, j’ai pu facilement trouver comment envoyer des octets dans la liaison série. Il suffit d’utiliser les méthodes de la classe Serial qui est intégrer dans la bibliothèque de base de l’Arduino.

Cependant, c’était ma première expérience avec une Raspberry. Il a donc fallu que je trouve comment activer le port série.

La configuration de la Raspberry afin d’activer la liaison série m’a pris du temps. Je vous laisse lire en annexe 1 tous les étapes de configuration afin d’arriver à ce but. J’ai dû rester la plus par du temps sur des forums en anglais.

Ensuite, une fois le port série de la Raspberry activé, il fallait que je sache comment envoyer des données dans la liaison série en passant par du code en C/C++. C’est là que les cours en Linux embarqué mon été le plus utile. J’ai pu y apprendre comment on accède aux ports séries sous Linux, c'est-à-dire comment y lire des caractères et en envoyer, comment modifier les paramètres de la liaison, etc...

Sous les systèmes de type UNIX comme Linux, tout (ou presque) est vu comme un fichier. Les périphériques sont stockés dans le ficher /dev. En connectant le convertisseur USB/TTL, figure 9, à la Raspberry, un nouveau ficher se crée ce le dossier avec le nom de « ttyUSB0 ». Afin d’accéder à la liaison série on devra donc de connecter au ficher : /dev/ttyUSB0.

En plus des compétences de base que j’ai pu acquérir, j’ai dû faire quelque recherche supplémentaire sur le web pour optimiser mon code et débugger certain problème.

Un peu plus tard, j’ai pu récupérer une bibliothèque gérant la liaison série en C écrite par M. Bianco, mon professeur de linux embarqué et tuteur pédagogique. J’ai pu développer ma première application. Voici son organigramme :

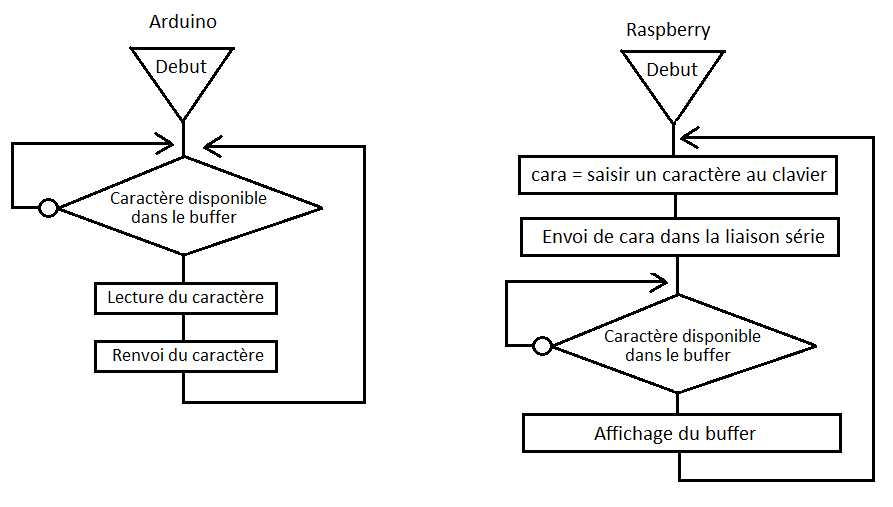


Figure 7: Organigramme du programme de teste de la liaison série

Le programme implanté dans l’Arduino est simple. Il fait un écho de ce qu’il reçoit dans sa liaison série. Quant à la Raspberry, l’utilisateur envoie un caractère dans la liaison série et attend un retour.

Une fois mon application fonctionnelle, il fallait que je change le code de la Raspberry. En effet, mon tuteur voulait qu’on code en c++. J’ai donc créé la classe « SerialObj » en me basant sur le code de M. Bianco. Vous pouvez le consulter en annexe 2 et 3. Ensuite, il a fallu que je teste cette classe avec la même application.

## Contrôle des moteurs

Maintenant que la liaison série est prête, je peux passer à l’étape suivante. Il faut que je réussie à contrôler les moteurs à l’aide de l’Arduino. Pour cela, j’ai commencé étudier le code qui a été développé par M. Delpoux et M. Bianco qui permettait au robot de suivre la ligne avec les capteurs de luminosité. J’ai récupéré le code qui peut m’être utile, c’est-à-dire la classe « Moteur ». Parmi les attributs de cette classe, le plus utile est celle qui me permet d’envoyer une commande au moteur. J’ai pu donc réaliser une seconde application. Vous pouvez retrouver son organigramme ci-dessous figure 8.

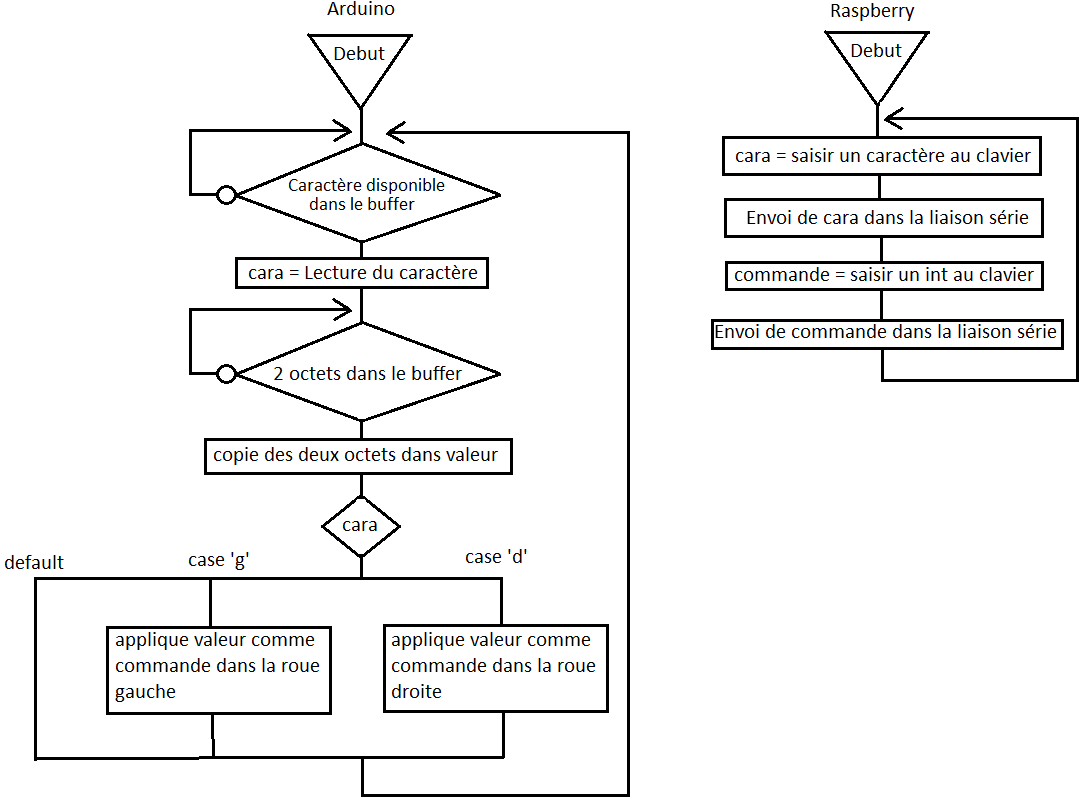


Figure 8: Organigramme de l'application qui permet de contrôler les roues à l'aide de la liaison série

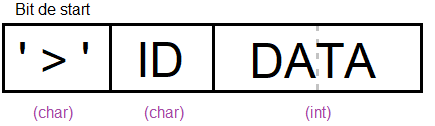
Cette application me permet de piloter les roues à l’aide de la Raspberry en envoyant des commandes à l’Arduino. Or, je me suis rendu compte un peu plus tard dans le projet que ce code est un peu brouillon. C’est pourquoi j’ai décidé de mettre en place un protocole de communication. Ce sera une transmission à flux unidirectionnelle. C’est-à-dire que la Raspberry ne fera qu’envoyer des commandes et que l’Arduino ne fera que de lire et d’appliquer les ordres de la Raspberry. Voici la forme du protocole que j’ai choisi de mettre en place (Figure 9) :

Figure 9: protocole de communication entre l'Arduino et la Raspberry

Le bit de start permet d’annoncer le début d’une commande. L’Arduino ignorera toutes les commandes ne commencent pas par le caractère ‘>’.

Pour l’instant, je n’ai mis en place que deux commandes :

CONTROL\_MOTEUR\_GAUCHE dont l’ID vaut 0 et qui permet de contrôler la roue gauche.

CONTROL\_MOTEUR\_DROIT dont l’ID vaut 1 et qui permet de contrôler la roue droite.

La partie DATA permet de contrôler la valeur de la commande. Elle varie de -255 à 255.

Vous pouvez voir le code Arduino dans l’annexe 4.

La liaison série fonctionne, le contrôle des roues par la Raspberry aussi. Il ne me reste maintenant que deux étapes. L’acquisition et le traitement des données de la caméra.

## Acquisition des données de la caméra

Pour l’acquisition des donné de la caméra, on a dû utiliser OpenCV (Open Source Computer Vision). C’est une bibliothèque proposant un ensemble de plus de 2500 algorithmes de vision par ordinateur, accessibles au travers d'API pour les langages C, C++, et Python. Elle est distribuée sous une licence BSD (libre) pour les plateformes Windows, GNU/Linux, Android et MacOS.

Afin de gagner du temps, le code de l’acquisition des données via la caméra a été développé par M. Grenier, une enseignant de l’INSA qui s’occupe également du projet, pendant que je travaillais sur la liaison série. J’ai mis en annexe 5 la fonction « process () » qui s’occupe d’afficher les coordonnées de la ligne capté par la caméra.

Cependant, la version d’OpenCV utilisé n’était pas compatible avec la version de Raspbian de notre Raspberry. On pouvait exécuter son code sur un pc Linux mais pas sur la Raspberry. Afin de palier à ce problème, on a utilisé Buildroot afin de générer une image Linux pouvant être transporté dans la carte SD. C’est M. Bianco, mon tuteur pédagogique, qui s’est occupé de le configuré.

Maintenant le code est exécutable sur la Raspberry pi.

J’ai mis tout la configuration nécessaire à son bon fonctionnement en annexe 6.

## Traitement des données de la caméra

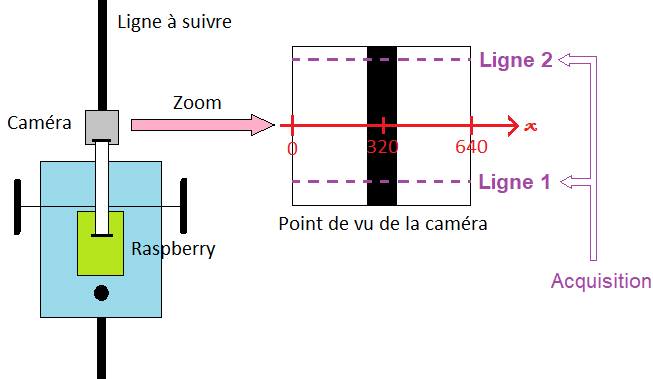
Maintenant qu’on a un système capable de réaliser l’acquisition des données, on peut passer au traitement. Afin que le robot suive la ligne, il faut réaliser un asservissement dont la consigne dépendra de la position du robot.

Figure 10: Modélisation de l'acquisition des données de la caméra

Le code de détection de ligne nous renvoie la position de la ligne selon un axe x allant de 0 à 640. J’ai donc commencé par changer l’origine afin d’avoir des valeurs comprises dans l’intervalle [-320 ;320]. Ci-dessous, figure 10, vous pouvez retrouver le code qui m’a permis de changer l’origine.

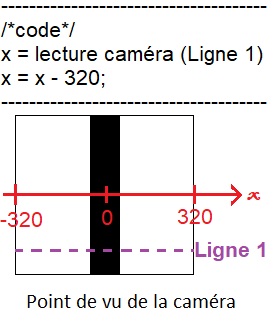
Le code de M. Grenier fait le calcule du barycentre. Ce qui permet de garder les coordonnées du centre de la ligne noire.

Figure 11: Changement de l'origine

Le but de l’asservissement est de ramener X à 0. On va donc suivre ces étapes :

- acquisition de X

- changement de l’origine (pour que X soit compris dans [-320 ; +320] et non [0 ; 640]

- on compare X avec 0

- si X<0, on tourne à droit || si X>0, on tourne à gauche.

- on enregistre la valeur de X avant la prochaine acquisition pour s’en servir pour la dériver

On envoie une commande constante au deux roue (même valeur) afin que le robot avance tout droit. Pour tourner, on viendra ajouter ou soustraire une valeur variable aux commandes de chacune des roues.

Vous pouvez voir le schéma bloc du système ci-dessous (figure 9) :

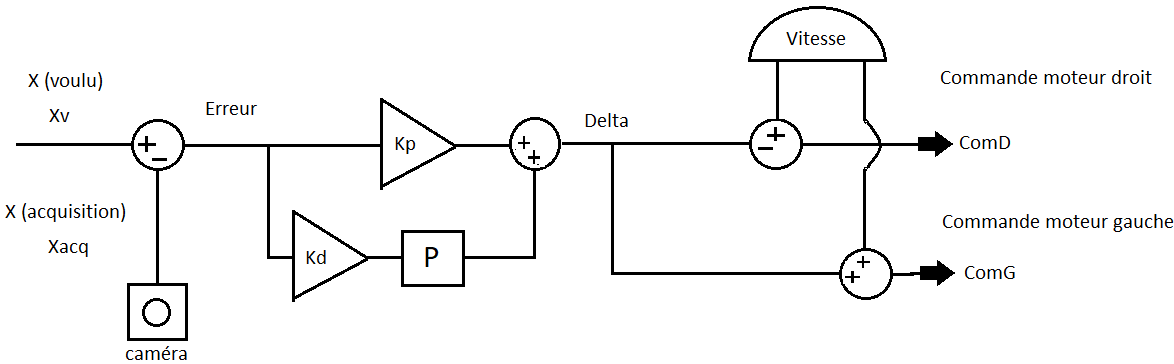


Figure 12: schéma bloc du système

Comme nous l’avons dit précédemment, on aura Xv = 0.

Si X est positif, la roue gauche sera plus rapide que la roue droite, le robot tournera à droite. Inversement, si X est négatif, la roue gauche sera plus lente que la roue droite, le robot tournera à gauche.

Voici l’organigramme qui m’a permis de réaliser l’asservissement dans mon code :

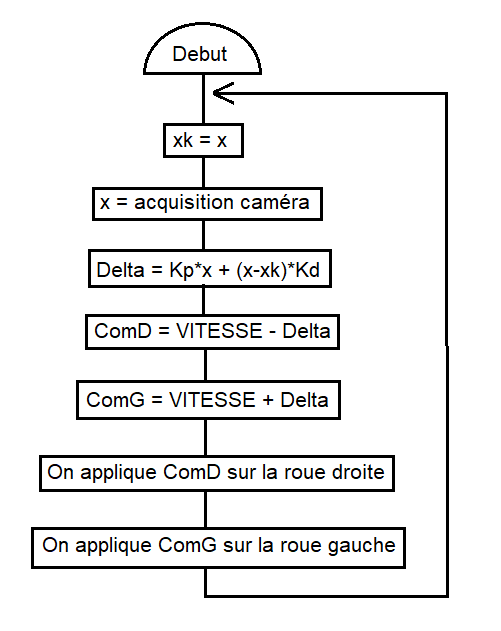


Figure 13: Organigramme de l'asservissement

## Amélioration de la visualisation

Jusqu’à maintenant les images étaient traitées par la caméra en noir et blanc. Ce qui permettais d’avoir un code facile. Cependant, par la suite, il va falloir trouver un moyen pour faire en sort que le robot puisse s’arrêter et attendre que le bras vienne le charger. C’est pourquoi nous avons opter pour une acquisition donnée en couleur. Ce nouveau code à aussi été écrit par M. Grenier.

Sur la piste, nous allons poser une gommette qui quand elle sera détectée par la caméra devra arrêter le robot jusqu’à ce que le bras finisse de le charger. J’ai donc développé un code qui permet de faire le traitement du suivie de ligne d’une part et la détection de couleur d’autre part.

Le robot suit la ligne jusqu’à détecter la gommette bleue. Ensuite, il envoie un message au bras robotique pour lui dire qu’il est arrivé à la position de chargement. Le bras va chercher le carton et le pose sur lui. Quand le bras à fini de le charger, il envoie un message à au robot mobile pour lui dire que le chargement et terminer. Le même principe est utilisé pour le déchargement.

Le programme de détection de couleur avait un petit bémol. Quand le robot mobile passait par-dessus la gommette bleue, il détectait plus de 4 fois cette couleur. C’est pourquoi j’ai mis en plus un système de blocage. Quand il détectera du bleu, il désactivera la détection du bleu jusqu’à se qu’il passe par une gommette jaune.

Nous vous déraillerons la communication entre le bras et le robot un peu plus tard.

## Mise en place de la communication entre le bras et le robot mobile

Pendant que je travaillais sur ma partie, mon binôme s’occupait de gérer le bras robotique. Il devait étudier le protocole de communication du bras pour pouvoir envoyer les bons paquets d’octet depuis l’Arduino pour contrôler les actions du bras. Il a donc réussi à créer une dizaine de fonction pratique.

Cependant, par la suite, on aurait aimé que le bras puisse communiquer avec le robot mobile. C’est pourquoi nous avons décidé d’ajouter une Raspberry qui s’occupera de contrôler le bras en envoyant des ordre à l’Arduino.

J’ai pu configurer une troisième Raspberry en tant que hotspot afin que les deux Raspberry puissent s’y connecter et ainsi pouvoir communiquer via des sockets.

La notion de programmation d’objet connecté n’a pas été vu durant mon DUT. J’ai donc passé beaucoup de temps à cherche comment établir la connexion. Les cours de réseaux mon beaucoup servie, notamment lors des configuration des adresses et le choix des protocoles.

Voici un schéma qui vous montre la connexion des différents équipement entre eux :

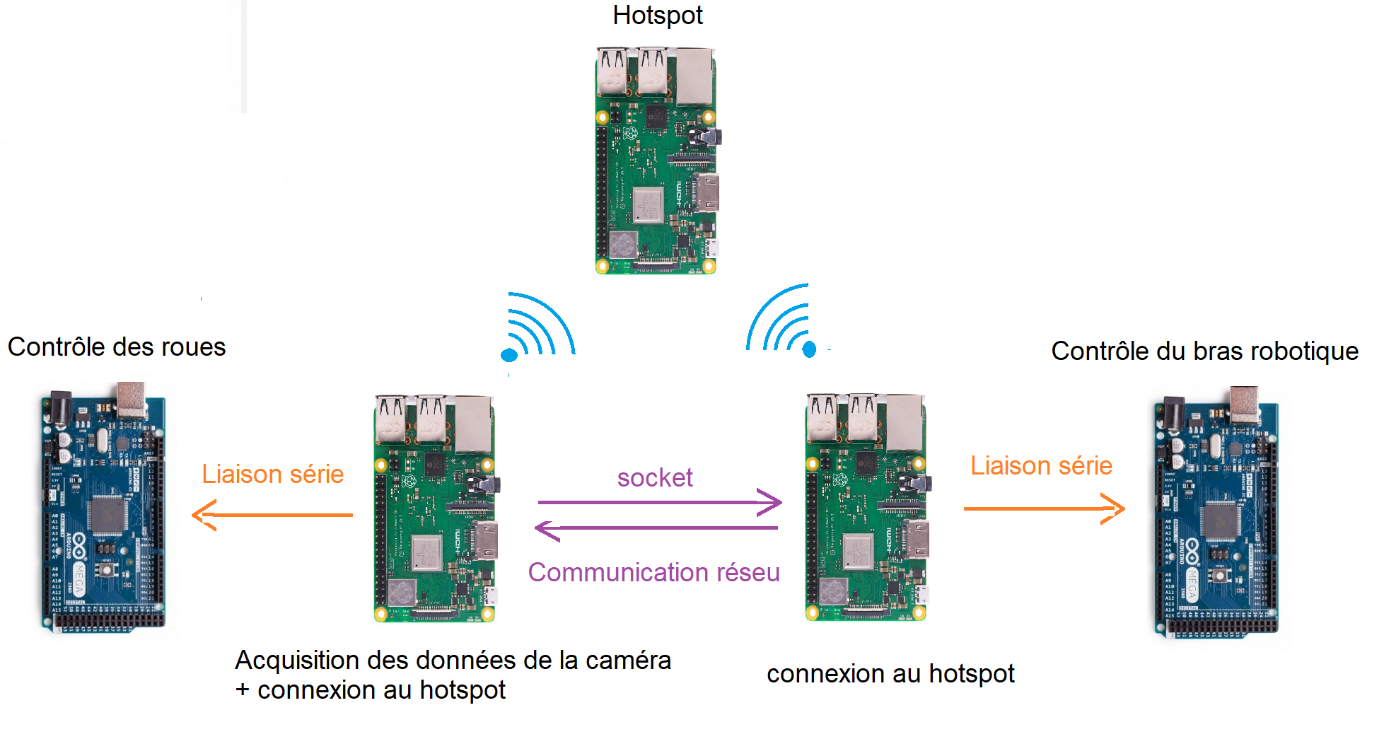


Figure 14: Schéma de la communication sans fil

J’ai pu donc réaliser un programme permettant de synchroniser le bras et le robot.

Sur la plateforme, nous avons positionné une gommette bleu à la position où on voulait que le robot s’arrêt. Au démarrage, le robot va suivre la ligne noire. Quand il va passer par la gommette il va s’arrêter et envoyer un signal au robot pour lui dire qu’il est arrivé. Le bras va alors lancer son programme de chargement et une fois fini, il va renvoyer le signal au robot. Le robot pourra donc continuer son parcours jusqu’à retomber sur la gommette. Le bras, quant à lui va switcher entre le chargement et le déchargement.

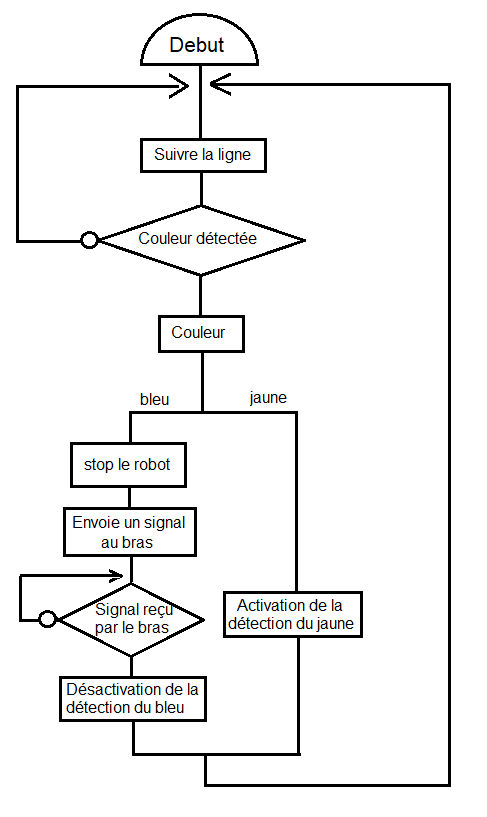


Figure 15: Organigramme de la collaboration entre le robot et le bras

## Amélioration du la configuration du Robot mobile

Afin de rendre ce système plus autonome, j’ai configuré la Raspberry de sort que le programme de détection de ligne soit lancé au démarrage du robot mobile. Pour cela, j’ai dû éditer plusieurs ficher dans le répertoire /etc. J’ai pu faire mon premier script Bash et utiliser pour la première fois aussi le système D de la Raspberry.

# Bilan de la mission (intermédiaire ou final)

A ce stade de la mission, à une semaines de la fin du stage, j’estime avoir plutôt bien avancé dans mon projet. J’estimerais l’avancement de ce dernier à 95%.

En ce qui concerne le robot mobile, il arrive à suivre la ligne proprement tout en détectant les couleur autour de lui. On pourrait même s’amuser à inventer de nouvelles applications en collant d’autre gommette de couleur.

Un des points compliqué était le faire que la caméra dépendait trop de la lumière ambiante. Il fallait donc réussi à surmonter ce problème. C’est pour cela que nous avons inventé un montage à LED blanche. Les LED était dirigé vers la ligne afin de garantir une luminosité minimal nécessaire pour une bonne acquisition.

J’ai réussi à créer un hotspot afin que tous les appareils puissent s’y connecter pour communiquer entre elle en utilisent les sockets.

Aussi, la partie bras robotique fonctionne très bien. Les fonction qui permettent de choisir les position du bras marche bien. Nous avons pu ajouter au bras une Raspberry afin de lui permettre de se connecter au hotspot afin de pouvoir communiquer avec le robot.

Le principe de collaboration est respecté. Le bras robotique attend bien que le robot arrive au point bleu pour le charger et décharger.

Je peux finalement dire que ce stage a été très instructif pour moi. J’ai pu me spécialiser dans la programmation C++ et embarqué qui sont les domaines dans lequel je souhaite poursuivre mes étude. En effet, j’ai été accepter en école d’ingénieur à l’ISTP de st Etienne en Système Electronique Embarqué (SSE).

# Bilan personnel

Même si ce stage n’est pas la seule expérience professionnelle que j’ai pu avoir ces deux dernières années, c’est ma première réelle expérience professionnel dans les domaines du GEII. Cette expérience fut très enrichissante aussi bien sur le plan technique que sur le plan humain.

En effet, ce stage m’a principalement permis d’appliquer une partie de ce que j’ai pu voir ces deux dernières années à l’IUT. Et même si une grande partie de ce que j’ai pu voir durant ma formation, que ce soit méthodologie ou connaissances techniques, a pu me servir durant mon stage, je me suis confronté à un point qui m’étais encore inconnu.

En effet, durant mon stage, je n’ai pas travaillé pour obtenir une note, mais pour faire aboutir un projet qui allait être utile à l’entreprise, et qui allait au future étudiant de l’INSA. Cela m’a appris à travailler avec plus de rigueur que je ne le faisais à l’IUT, mais aussi à plus travailler en autonomie.

Mais ce stage m’a aussi permis de confirmer mon projet professionnel. Etant admis dans une école d’ingénieur en alternance dont le diplôme est délivré par les Mines de Saint-Etienne, je compte bien continuer mes études. J’ai apprécié travailler sur ce projet, ainsi, j’ai réalisé que c’est ce que je veux faire de mon futur.

En arrivant à l’IUT il y a deux ans, mon avenir était flou et incertain. Mais à travers les différentes expériences que j’ai pu avoir pendant ces deux années, j’ai appris qu’il fallait travailler et persévérer pour réussir. J’ai aussi appris qu’il fallait savoir être capable de faire des sacrifices pour avancer. Ces deux dernières années m’ont vraiment permis de prendre conscience de cela.

# ANNEXES

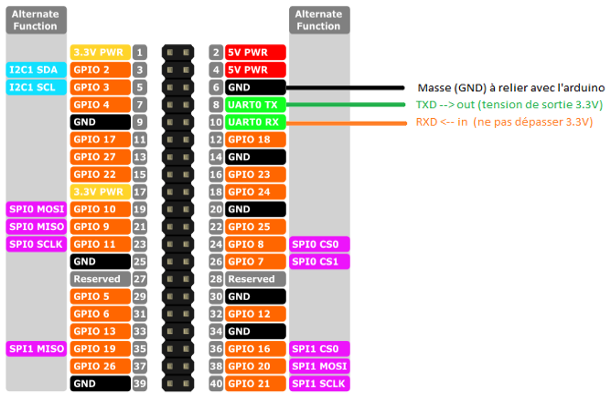
## Annexes 1 : Mise en place de la liaison série sur la Raspberry

**Hypothèse de départ:**

-Raspbian est déja Installez dans une carte SD.

-La Raspberry boot correctement sur la carte SD

-On veut pouvoir communiquer en liaison serie en utilisant les ports GPIO de la Raspberry.

Identification des pins UART de la Raspberry

+Info : <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/iot-core/learn-about-hardware/pinmappings/pinmappingsrpi>

Activation du port série

|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 1** | Connectez vous en terminal (en mode texte ou ouvrez un terminal sur le bureau)  Démarrez l’utilitaire de configuration système avec :  ---->sudo raspi-config  Une interface graphique s'affiche à l'écran ! |
| **Etape 2** | Sélectionnez “**5 options d’interface**“. |
| **Etape 3** | Sélectionner “**P6** Série”. |
| **Etape 4** | Un écran vous demande si vous souhaitez qu’un écran de login soit accessible via le port série.  On veut utiliser le port série pour contrôler d’autres périphériques série (Arduino), on sélectionne donc **Non**. |
| **Etape 5** | Un autre écran nous demande si vous souhaitez que le matériel du port série soit activé  On sélectionne **Oui**. |
| **Etape 6** | Sur l’écran principal de configuration de **raspi-config**, On sélectionne “**Terminer**” et redémarrez votre Raspberry Pi. |

Le port série mini UART doit maintenant être activé !!

|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 7** | Verification  ---> ls /dev/serial0 -l  On doit obtenir ça :    ttyAMA0 et serial0 permettent d'accéder à la même liaison.  On utilisera de preferance **serial0**. |

Réglage du port série

|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 1** | Connectez-vous en terminal (en mode texte ou ouvrez un terminal sur le bureau) |
| **Etape 2** | On modifie le fichier config.txt  ---> sudo nano /boot/config.txt  Ajouter à la fin du fichier :  **pi3-miniuart-bt**  et  dtoverlay=pi3-miniuart-bt  Quittez l’éditeur en sauvegardant vos modifications (CTRL X) |
| **Etape 3** | Redémarrer  ----> sudo reboot |

Site utilisé :

<https://www.framboise314.fr/utiliser-le-port-serie-du-raspberry-pi-3-et-du-pi-zero/>

Pour plus d'information sur le port serie:

<https://www.framboise314.fr/le-port-serie-du-raspberry-pi-3-pas-simple/#Les_UART_du_Raspberry_Pi>

Configuration de la liaison UART

La liaison /dev/ttyAMA0 est configurée pour vous renvoyer un écho de ce qu’elle reçoit. La liaison se configure avec stty.

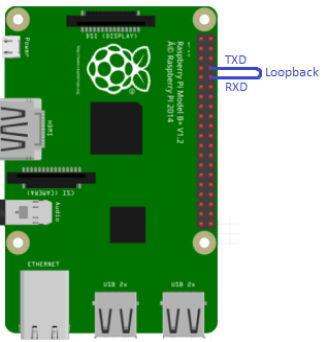
|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 1** | Pour connaître votre configuration actuelle utilisez :  ---> stty -F /dev/ttyAMA0 -a |
| **Etape 2** | Pour comprendre précisément la configuration, la **page man de stty** vous sera bien utile. J'ai trouvé la page version français :  <http://manpagesfr.free.fr/man/man1/stty.1.html> |
| **Etape 3** | utilisez la commande suivante pour avoir une configuration fonctionnelle:  ---> sudo stty -F /dev/ttyAMA0 115200 cs8 -cstopb -onlcr -echo -echoe -echok -opost |

Voici deux commandes pour manipuler la liaison serie avec le terminal

|  |  |
| --- | --- |
| Commande 1 | Pour lire ce qui est reçu dans la liaison:  ---> cat /dev/ttyAMA0 |
| Commande 2 | Pour écrir dans la liaison  ---> echo -e -n "Bonjour\x00" > /dev/ttyAMA0  **-e** Demande à la fonction echo d’interpréter les caractère spéciaux, ce qui transformera notre ’\x00’ en caractère de fin de chaîne.  **-n** Demande à la fonction echo de ne pas générer automatiquement de retour à la ligne. |

<http://poivron-robotique.fr/Liaison-UART-du-Raspberry-Pi.html>

Teste du port série pour valider le fonctionnement

On va faire ce qu'on appelle un Loopback. On va relier les ports GPIO 8 et 10 correspondants à TXD et RxD (Données émises = Données reçues).  
Lorsqu'on va envoyer des données sur le port série TxD, elles vont revenir par le port RxD.

|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 1** | **Téléchargement de minicom**  Connectez-vous en terminal (en mode texte ou ouvrez un terminal sur le bureau)  ---> sudo apt-get update  Puis  ---> sudo apt-get install minicom |
| **Etape 2** | **Connexion sur la liaison serie avec minicom**  ---> minicom -D /dev/serial0 -b 115200  -D permet de definir le port  -b permet de definir la vitesse de transmission |
| **Etape 3** | **Verification**  Si tu tapes quelque chose tu devrais avoir un echo. |

Après vérification, il faut enlever le câble qui relie TXD à RXD !!!!

## Annexes 2: Ficher SerialObj.h

#ifndef SERIAL\_H\_

#define SERIAL\_H\_

#include <termios.h>

#include <sys/types.h>

#include <string>

using namespace std;

#define SERIAL\_DEFAULT\_SPEED 115200

#define SERIAL\_DEFAULT\_PARITY 'n'

#define SERIAL\_DEFAULT\_BIT\_DATA 8

#define SERIAL\_DEFAULT\_BIT\_STOP 1

#define SERIAL\_DEFAULT\_FLUX 0

#define SERIAL\_NO\_FILE (-1)

#define SERIAL\_STATUS\_ERROR (-1)

#define SERIAL\_STATUS\_INIT 0

#define SERIAL\_STATUS\_READY 1

//#define SERIAL\_STATUS\_OPEN 2

#define READ\_MAX 20

class SerialObj

{

private:

char \* file\_name;

FILE \* file;

int fd;

int speed;

int parity;

int nbr\_bits\_data;

int nbr\_bits\_stop;

int flux;

struct termios config;

struct termios save;

int read\_max;

int status;

public:

/\* Constructor and Destructor\*/

SerialObj(char \* file\_name);

~SerialObj();

/\*Methodes\*/

void com\_serial\_init(char \* file\_name);

void com\_serial\_exit();

void com\_serial\_open();

void com\_serial\_open\_dynamixel(float baudrate);

void com\_serial\_close();

void com\_serial\_config\_save();

void com\_serial\_config\_restaure();

int com\_serial\_read\_buff(char \* buffer, int size);

int com\_serial\_write\_buff(char \* buffer, int size);

int com\_serial\_write\_buff\_float(float nbr);

int print\_Arduino\_buff(char\* tab);

int write\_Arduino\_buff(string msg);

void process(char ID\_Commande,int Data);

int com\_serial\_read\_buff\_wait(char \* buffer, int size, uint usec);

int com\_serial\_write\_buff\_wait(char \* buffer, int size, uint usec);

int com\_serial\_fprintf(char \* fmt, ...);

int com\_serial\_fscanf(char \* fmt, ...);

void com\_serial\_flush(int mode);

//Setters

void com\_serial\_set\_speed(int speed);

void com\_serial\_set\_parity(int parity);

void com\_serial\_set\_nbr\_bits\_data(int nbr\_bits\_data);

void com\_serial\_set\_nbr\_bits\_stop(int nbr\_bits\_stop);

void com\_serial\_set\_flux(int flux);

void com\_serial\_set\_blocking\_mode();

void com\_serial\_set\_non\_blocking\_mode();

void com\_serial\_set\_config();

//Getters

int com\_serial\_get\_speed();

int com\_serial\_get\_parity();

int com\_serial\_get\_nbr\_bits\_data();

int com\_serial\_get\_nbr\_bits\_stop();

int com\_serial\_get\_flux();

int com\_serial\_get\_status();

//Others

void com\_serial\_print\_config();

};

#endif /\* SERIAL\_H\_ \*/

## Annexes 3: Ficher SerialObj.cpp

#include <stdlib.h>

#include <stdio.h>

#include <unistd.h>

#include <string.h>

#include <string>

#include <fcntl.h>

#include <termios.h>

#include <linux/serial.h>

#include <sys/ioctl.h>

#include <sys/time.h>

#include <sys/types.h>

#include <errno.h>

#include <stdarg.h>

#include "commande.h"

#include "SerialObj.h"

using namespace std;

/\*Constructor and Destructor\*/

SerialObj::SerialObj(char \* file\_name){

com\_serial\_init(file\_name);

com\_serial\_flush(TCIOFLUSH);

com\_serial\_open();

if(this->status == SERIAL\_STATUS\_ERROR){

printf("erreur d'ouverture !\n");

com\_serial\_exit();

}

}

SerialObj::~SerialObj(){

}

/\*Methodes\*/

void SerialObj::com\_serial\_init(char \* file\_name){

if (file\_name == NULL) {

return;

}

this->file\_name = file\_name;

this->fd = SERIAL\_NO\_FILE;

this->speed = SERIAL\_DEFAULT\_SPEED;

this->parity = SERIAL\_DEFAULT\_PARITY;

this->nbr\_bits\_data = SERIAL\_DEFAULT\_BIT\_DATA;

this->nbr\_bits\_stop = SERIAL\_DEFAULT\_BIT\_STOP;

this->flux = SERIAL\_DEFAULT\_FLUX;

this->read\_max = READ\_MAX;

this->status = SERIAL\_STATUS\_INIT;

}

void SerialObj::com\_serial\_exit() {

if (this->fd >= 0) {

com\_serial\_config\_restaure();

com\_serial\_close();

}

this->status = SERIAL\_STATUS\_INIT;

}

void SerialObj::com\_serial\_open() {

if (this->file\_name == NULL) {

return;

}

/\*

if (serial->status != SERIAL\_STATUS\_READY) {

return;

}

\*/

//this->fd = open(this->file\_name, O\_RDWR | O\_NOCTTY | O\_SYNC | O\_NONBLOCK);

this->fd = open(this->file\_name, O\_RDWR | O\_NONBLOCK);

if (this->fd < 0) {

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

return;

}

com\_serial\_set\_config();

//To FILE \* p

this->file = fdopen(this->fd, "r+");

if (this->file == NULL) {

close(this->fd);

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

return;

}

this->status = SERIAL\_STATUS\_READY;

usleep(1000000);

}

void SerialObj::com\_serial\_open\_dynamixel(float baudrate) {

struct termios termios\_dynamixel;

struct serial\_struct serial\_info;

int retval;

int i\_baudrate = (int) baudrate;

if (this->file\_name == NULL) {

return;

}

this->fd = open(this->file\_name, O\_RDWR | O\_NOCTTY | O\_SYNC);

//this.fd = open(serial->file\_name, O\_RDWR | O\_NOCTTY | O\_SYNC | O\_NONBLOCK);

if (this->fd < 0) {

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

return;

}

memset(&termios\_dynamixel, 0, sizeof(struct termios));

termios\_dynamixel.c\_cflag = B38400|CS8|CLOCAL|CREAD;

termios\_dynamixel.c\_iflag = IGNPAR;

termios\_dynamixel.c\_oflag = 0;

termios\_dynamixel.c\_lflag = 0;

termios\_dynamixel.c\_cc[VTIME] = 0;

termios\_dynamixel.c\_cc[VMIN] = 0;

tcflush(this->fd, TCIFLUSH);

tcsetattr(this->fd, TCSANOW, &termios\_dynamixel);

retval = ioctl(this->fd, TIOCGSERIAL, &serial\_info);

if(retval < 0) {

close(this->fd);

return;

}

serial\_info.flags &= ~ASYNC\_SPD\_MASK;

serial\_info.flags |= ASYNC\_SPD\_CUST;

serial\_info.custom\_divisor = serial\_info.baud\_base / i\_baudrate;

retval = ioctl(this->fd, TIOCSSERIAL, &serial\_info);

if(retval < 0) {

close(this->fd);

return;

}

com\_serial\_close();

this->fd = open(this->file\_name, O\_RDWR | O\_NOCTTY | O\_SYNC | O\_NONBLOCK);

//this.->fd = open(serial->file\_name, O\_RDWR | O\_NOCTTY | O\_SYNC);

if (this->fd < 0) {

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

return;

}

termios\_dynamixel.c\_cflag = B38400|CS8|CLOCAL|CREAD;

termios\_dynamixel.c\_iflag = IGNPAR;

termios\_dynamixel.c\_oflag = 0;

termios\_dynamixel.c\_lflag = 0;

termios\_dynamixel.c\_cc[VTIME] = 0;

termios\_dynamixel.c\_cc[VMIN] = 0;

cfsetispeed(&termios\_dynamixel, i\_baudrate);

cfsetospeed(&termios\_dynamixel, i\_baudrate);

tcflush(this->fd, TCIFLUSH);

tcsetattr(this->fd, TCSANOW, &termios\_dynamixel);

this->status = SERIAL\_STATUS\_READY;

}

void SerialObj::com\_serial\_close() {

if (this->fd< 0) {

return;

}

close(this->fd);

this->fd = SERIAL\_NO\_FILE;

}

void SerialObj::com\_serial\_config\_save() {

memcpy(&this->save,&this->config,sizeof(struct termios));

}

void SerialObj::com\_serial\_config\_restaure() {

int retval;

if (this->fd < 0) {

return;

}

retval = tcsetattr(this->fd, TCSANOW, &this->save);

if (retval < 0) {

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

}

}

int SerialObj::com\_serial\_read\_buff(char \* buffer, int size) {

int nbr\_read;

int nbr\_to\_end = size;

char \* buf = buffer;

int cpt\_read = 0;

while (nbr\_to\_end) {

nbr\_read = read(this->fd, buf, nbr\_to\_end);

if (nbr\_read < 0) {

if (errno != EAGAIN) {

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

printf("COM READ ERROR - %d\n", errno);

return nbr\_read;

}

}

if (nbr\_read == 0) { /\* Test #Read max \*/

cpt\_read++;

if (cpt\_read > this->read\_max) {

printf("COM READ MAX\n");

return nbr\_read;

}

}

if (nbr\_read > 0) {

cpt\_read = 0; /\* RAZ \*/

}

nbr\_to\_end -= nbr\_read;

buf += nbr\_read;

}

return size;

}

int SerialObj::com\_serial\_write\_buff(char \* buffer, int size) {

int nbr\_write = 0;

nbr\_write = write(this->fd, buffer, size);

return nbr\_write;

}

int SerialObj::com\_serial\_write\_buff\_float(float nbr){

char buffer[4]={0};

int nbr\_write;

memcpy(buffer,&nbr,4);

nbr\_write=com\_serial\_write\_buff(buffer,4);

return nbr\_write;

}

void SerialObj::process(char id\_commande, int data){

char buff[4]={START\_BYTE,id\_commande};

memcpy(buff+2,&data,2);

com\_serial\_write\_buff(buff,4);

}

int SerialObj::print\_Arduino\_buff(char\* tab){

char buffer[2];

int length=0;

int cpt=0;

int nb\_read=0;

int i=0;

while(nb\_read!=1){

nb\_read=com\_serial\_read\_buff\_wait(buffer+i,1,5000);

if(\*(buffer+i)>='0' && \*(buffer+i)<='9'){

i++;

nb\_read=0;

}

}

length= atoi(buffer);

while(cpt<length){

nb\_read = com\_serial\_read\_buff\_wait(buffer,1,5000);

if(nb\_read==1 && \*buffer>31){

\*(tab)=\*buffer;

tab++;

cpt++;

}

}

//while(nb\_read==1){

//if(com\_serial\_read\_buff\_wait(buffer,1,5000)==1);

// com\_serial\_flush(TCIOFLUSH);

//}

return length;

}

int SerialObj::write\_Arduino\_buff(string msg){

com\_serial\_flush(TCOFLUSH);

const char\* ptr = NULL;

int taille=0;

int nb\_write=0;

taille=msg.length();

ptr = msg.c\_str();

nb\_write=com\_serial\_write\_buff((char\*)ptr,taille);

return nb\_write;

}

int SerialObj::com\_serial\_read\_buff\_wait(char \* buffer, int size, uint usec\_wait) {

struct timeval time\_wait;

fd\_set Set;

int rc;

int nbr\_read = 0;

FD\_ZERO(&Set);

FD\_SET(this->fd, &Set);

time\_wait.tv\_sec = 0;

time\_wait.tv\_usec = usec\_wait;

rc = select(FD\_SETSIZE, &Set, NULL, NULL, &time\_wait);

if (rc != 1) {

return 0;

}

if (FD\_ISSET(this->fd, &Set)) {

nbr\_read = com\_serial\_read\_buff(buffer, size);

}

return nbr\_read;

}

int SerialObj::com\_serial\_write\_buff\_wait(char \* buffer, int size, uint usec\_wait) {

struct timeval time\_wait;

fd\_set Set;

int rc;

int nbr\_write = 0;

FD\_ZERO(&Set);

FD\_SET(this->fd, &Set);

time\_wait.tv\_sec = 0;

time\_wait.tv\_usec = usec\_wait;

rc = select(FD\_SETSIZE, NULL, &Set, NULL, &time\_wait);

if (rc != 1) {

return 0;

}

if (FD\_ISSET(this->fd, &Set)) {

nbr\_write = com\_serial\_write\_buff(buffer, size);

}

return nbr\_write;

}

int SerialObj::com\_serial\_fprintf(char \* fmt, ...) {

va\_list ap;

int n;

va\_start(ap, fmt);

n = vfprintf(this->file, fmt, ap);

va\_end(ap);

return n;

}

int SerialObj::com\_serial\_fscanf(char \* fmt, ...) {

va\_list ap;

int n;

va\_start(ap, fmt);

n = vfscanf(this->file, fmt, ap);

va\_end(ap);

return n;

}

void SerialObj::com\_serial\_flush(int mode) {

if (mode & TCIFLUSH) {

tcflush(this->fd, TCIFLUSH);

}

if (mode & TCOFLUSH) {

tcflush(this->fd, TCOFLUSH);

}

if (mode & TCIOFLUSH) {

tcflush(this->fd, TCIOFLUSH);

}

}

/\*Setters\*/

void SerialObj::com\_serial\_set\_speed(int speed){

this->speed = speed;

}

void SerialObj::com\_serial\_set\_parity(int parity){

this->parity = parity;

}

void SerialObj::com\_serial\_set\_nbr\_bits\_data(int nbr\_bits\_data){

this->nbr\_bits\_data = nbr\_bits\_data;

}

void SerialObj::com\_serial\_set\_nbr\_bits\_stop(int nbr\_bits\_stop){

this->nbr\_bits\_stop = nbr\_bits\_stop;

}

void SerialObj::com\_serial\_set\_flux(int flux){

this->flux = flux;

}

void SerialObj::com\_serial\_set\_blocking\_mode(){

fcntl(this->fd,F\_SETFL,fcntl(this->fd,F\_GETFL)&~O\_NONBLOCK);

}

void SerialObj::com\_serial\_set\_non\_blocking\_mode(){

fcntl(this->fd,F\_SETFL,fcntl(this->fd,F\_GETFL)|O\_NONBLOCK);

}

void SerialObj::com\_serial\_set\_config() {

int retval;

tcgetattr(this->fd, &this->config);

com\_serial\_config\_save();

cfmakeraw(&this->config);

switch(this->speed) {

case 50:

cfsetspeed(&this->config,B50);

break;

case 75:

cfsetspeed(&this->config,B75);

break;

case 110:

cfsetspeed(&this->config,B110);

break;

case 134:

cfsetspeed(&this->config,B134);

break;

case 150:

cfsetspeed(&this->config,B150);

break;

case 200:

cfsetspeed(&this->config,B200);

break;

case 300:

cfsetspeed(&this->config,B300);

break;

case 600:

cfsetspeed(&this->config,B600);

break;

case 1200:

cfsetspeed(&this->config,B1200);

break;

case 1800:

cfsetspeed(&this->config,B1800);

break;

case 2400:

cfsetspeed(&this->config,B2400);

break;

case 4800:

cfsetspeed(&this->config,B4800);

break;

case 9600:

cfsetspeed(&this->config,B9600);

break;

case 19200:

cfsetspeed(&this->config,B19200);

break;

case 38400:

cfsetspeed(&this->config,B38400);

break;

case 57600:

cfsetspeed(&this->config,B57600);

break;

case 115200:

cfsetspeed(&this->config,B115200);

break;

default:

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

return;

}

switch(this->parity) {

case 'n':

this->config.c\_cflag &= ~ PARENB;

break;

case 'p':

this->config.c\_cflag |= PARENB;

this->config.c\_cflag &= ~ PARODD;

break;

case 'i':

this->config.c\_cflag |= PARENB;

this->config.c\_cflag |= PARODD;

break;

default:

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

return;

}

this->config.c\_cflag &= ~CSIZE;

switch(this->nbr\_bits\_data) {

case 5:

this->config.c\_cflag |= CS5;

break;

case 6:

this->config.c\_cflag |= CS6;

break;

case 7:

this->config.c\_cflag |= CS7;

break;

case 8:

this->config.c\_cflag |= CS8;

break;

default:

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

return;

}

if (this->nbr\_bits\_stop == 1)

this->config.c\_cflag &= ~ CSTOPB;

else

this->config.c\_cflag |= CSTOPB;

//this.config.c\_cflag &= ~ CLOCAL;

//this.config.c\_cflag |= (CLOCAL | CREAD);

//this.config.c\_cflag |= HUPCL;

//this.config.c\_cflag |= CRTSCTS;

this->config.c\_cflag |= CREAD;

this->config.c\_iflag = IGNPAR | IGNBRK;

switch(this->flux) {

case 1:

this->config.c\_iflag |= IXON | IXOFF;

break;

case 2:

this->config.c\_cflag |= CRTSCTS;

break;

default:

this->config.c\_cflag |= CLOCAL;

break;

}

this->config.c\_oflag &= ~OPOST;

this->config.c\_lflag = 0;

this->config.c\_cc[VMIN] = 1;

this->config.c\_cc[VTIME] = 10;

//printf("Config After :\n");

//print\_termios(&this.config);

retval = tcsetattr(this->fd, TCSANOW, &this->config);

if (retval < 0) {

this->status = SERIAL\_STATUS\_ERROR;

return;

}

tcflush(this->fd, TCOFLUSH);

tcflush(this->fd, TCIFLUSH);

return;

}

/\*Getters\*/

int SerialObj::com\_serial\_get\_speed(){

return this->speed;

}

int SerialObj::com\_serial\_get\_parity(){

return this->parity;

}

int SerialObj::com\_serial\_get\_nbr\_bits\_data(){

return this->nbr\_bits\_data;

}

int SerialObj::com\_serial\_get\_nbr\_bits\_stop(){

return this->nbr\_bits\_stop;

}

int SerialObj::com\_serial\_get\_flux(){

return this->flux;

}

int SerialObj::com\_serial\_get\_status() {

return this->status;

}

//Others

void SerialObj::com\_serial\_print\_config() {

//int i;

printf("Config.c\_iflag = %u\n", this->config.c\_iflag);

printf("Config.c\_oflag = %u\n", this->config.c\_oflag);

printf("Config.c\_cflag = %u\n", this->config.c\_cflag);

printf("Config.c\_lflag = %u\n", this->config.c\_lflag);

//printf("Config.c\_line = [%c]\n", this.config.c\_line);

//printf("Config.c\_cc = ");

/\*

for (i=0; i < NCCS; i++) {

printf(" [%2x]", this.config.c\_cc[i]);

}

printf("\n");

\*/

}

## Annexes 4 : Code Arduino du protocole de communication

#include "moteur.hpp"

#define COMD 0

#define COMG 1

void process(void);

void process\_boot(void);

//---------------------------------------------------------------------------------------------- ||CLASS MOTEUR

Moteur moteurD;

Moteur moteurG;

//---------------------------------------------------------------------------------------------- ||VARIABLE GLOBALE

int ComD,ComG;

//---------------------------------------------------------------------------------------------- ||SETUP

void setup() {

/\* Init Serial for Com \*/

Serial2.begin(115200); /\* Raspberry Com \*/

Serial.begin(115200); /\* Debug Com \*/

Serial1.flush();

Serial.flush();

moteurD.config( 9, 10, false, 0, 32.611f, 2.8651f, 1.6711f, -0.26636f, 0.01711f);

moteurG.config(11, 15, true, 0, 32.889f, 3.0333f, 1.7291f, -0.26623f, 0.017121f);

moteurD.run();

moteurG.run();

process\_boot();

}

//---------------------------------------------------------------------------------------------- ||LOOP

void loop() {

process();

}//fin loop

//---------------------------------------------------------------------------------------------- ||PROCESS

void process(void){

char byt;

char Message[5];

int data;

int cpt=0;

if(Serial2.available()){

byt=Serial2.read();

if(byt=='>'){

while(cpt<3){

if (Serial2.available()){

Message[cpt]=Serial2.read();

cpt++;

}

}

memcpy(&data,Message+1,2);

}

switch(Message[0]){

case COMD :

moteurD.commande(data);

break;

case COMG :

moteurG.commande(data);

break;

}

}

}

//---------------------------------------------------------------------------------------------- ||BOOT

void process\_boot(void){

char cara;

while(cara!='&'){

if(Serial2.available()){

cara=Serial2.read();

}

}

}

## Annexes 5 : Fonction process ()

int process(VideoCapture& capture)

{

float w = capture.get(CAP\_PROP\_FRAME\_WIDTH);

float h = capture.get(CAP\_PROP\_FRAME\_HEIGHT);

cout << "Width : " << w << " Height : " << h << endl;

Point pt1\_s( 0\*w, 0.1\*h), pt1\_e( 1\*w, 0.1\*h); // line 1

Point pt2\_s( 0\*w, 0.2\*h), pt2\_e( 1\*w, 0.2\*h); // line 2

/ Point pt3; // line 3

Point center1(0.0f, 0.0f); // line center 1

Point center2(0.0f, 0.0f); // line center 2

Point center3(0.0f, 0.0f); // line center 3

int n = 0;

char filename[200];

string window\_name = "video | q or esc to quit";

cout << "press space to save a picture. q or esc to quit" << endl;

namedWindow(window\_name, WINDOW\_KEEPRATIO); //resizable window;

Mat frame, frame\_gray, dst;

for (;;)

{

capture >> frame;

if (frame.empty())

{

cout << " ... empty frame " << endl;

break;

}

// Visu only : BGR -> BW

cvtColor( frame, frame\_gray, COLOR\_BGR2GRAY );

// Visu only : TH

threshold( frame\_gray, dst, th, 255, 0 );

// Compute

Vec3b buf;

LineIterator it1(frame, pt1\_s, pt1\_e, 8);

int sum1 = 0;

center1 = Point(0,0);

for(int i = 0; i < it1.count; i++, ++it1)

{

buf = frame.at<Vec3b>(it1.pos());

if( (buf.val[0] + buf.val[1] + buf.val[2])/3 < th )

{

center1 += it1.pos();

sum1 ++;

}

}

if(sum1 > 0) center1 /= sum1;

LineIterator it2(frame, pt2\_s, pt2\_e, 8);

int sum2 = 0;

center2 = Point(0,0);

for(int i = 0; i < it2.count; i++, ++it2)

{

buf = frame.at<Vec3b>(it2.pos());

if( (buf.val[0] + buf.val[1] + buf.val[2])/3 < th )

{

center2 += it2.pos();

sum2 ++;

}

}

if(sum2 > 0) center2 /= sum2;

cout << " center 1 ( " << center1.x << ", " << center1.y << ") : "<< sum1 << endl;

cout << " center 2 ( " << center2.x << ", " << center2.y << ") : "<< sum2 << endl;

// Visu only : line with arrow

// arrowedLine(frame\_gray, pt1\_s, pt1\_e, Scalar(0, 255, 0), 2 );

arrowedLine(dst, center1, center2, Scalar(255, 255, 255) , 2 );

imshow(window\_name, dst);

char key = (char)waitKey(30); //delay N millis, usually long enough to display and capture input

switch (key) {

case 'q':

case 'Q':

case 27: //escape key

cout << " ... Stopping " << endl;

return 0;

case ' ': //Save an image

sprintf(filename,"filename%.3d.jpg",n++);

imwrite(filename,dst);

cout << "Saved " << filename << endl;

break;

default:

break;

}

}

return 0;

}

}

## Annexe 6 : Exécution de LineDetector sur la Raspberry

-On possède le dossier DEV créé par M.BIANCO

-On veut : transférer l'image buildroot sur la cart SD et faire marcher le programme LineDetector sur la Raspberry

Construction de l'image sur la carte SD

|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 1** | Connectez-vous en terminal (en mode texte ou ouvrez un terminal sur le bureau) |
| **Etape 2** | Insérez la carte SD dans le lecteur SD sur l'ordinateur ou dans un lecteur de carte SD externe branché sur le port USB de l’ordinateur. |
| **Etape 3** | Lister les disques qui sont accessibles à l'ordinateur avec :  ----> fdisk -l  Prenez note du nom de périphérique de la carte SD. |
| **Etape 4** | Allez dans le dossier DEV/buildroot-2018.11.1/output/image  ----> cd Dev/buildroot-2018.11.1/output/image |
| **Etape 5** | Nous allons copier sdcard.img sur la carte SD en utilisant la commande dd  La commande dd permet de copier tout ou partie d'un disque EN BON ETATpar blocs d'octets, indépendamment de la structure du contenu du disque en fichiers et en répertoires.  La structure de la commande a la forme générale suivante :  dd if=<source> of=<cible> bs=<taille des blocs> skip= seek=conv=<conversion>  Tapez la commande :  ----> sudo dd if=sdcard.img of=/dev/mmcblk0 bs=4096  Vous devez changer "mmcblk0" par le nom de périphérique de votre carte SD.  La commande peu prendre beaucoup de temps !    En utilisant Gparted, augmentez le volume de 1,1Go vers 14G0. |
| **Etape 6** | Dans "Volume de 34 Mo", ajoutez le ficher start\_X.elf |
| **Etape 7** | Dans "Volume de 34 Mo", ouvrez le ficher config.txt  ajoutez ces deux lignes :  start\_x=1  gpu\_mem=128 |

+INFO sur buildroot

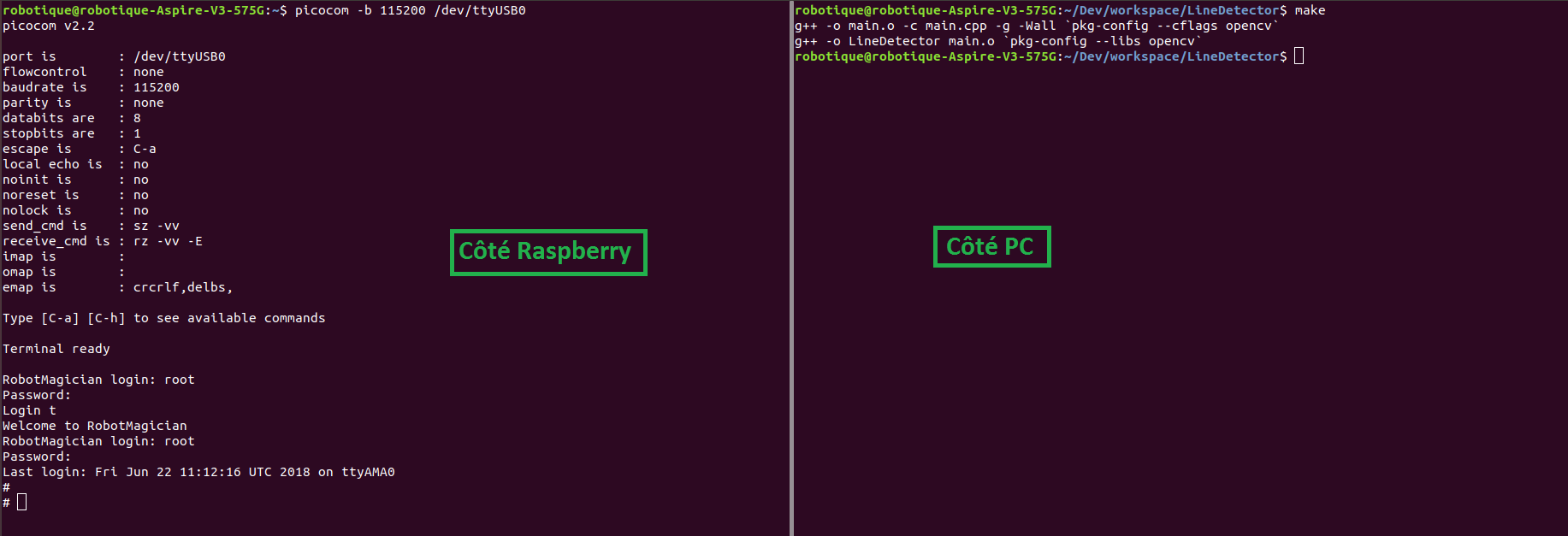
<https://www.blaess.fr/christophe/articles/creer-un-systeme-complet-avec-buildroot/>

Communication avec la Raspberry

|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 1** | Insérez la carte SD dans la Raspberry |
| **Etape 2** | On vas utiliser un convertisseurUSB/TTL afin de communiquer avec la Raspberry via son mini UART |
| **Etape 3** | Sur le pc, on télécharge picocom :  ----> sudo apt-get picocom |
| **Etape 4** | Brancher l'USB sur le pc et les pins sur la Raspberry |
| **Etape 5** | On vas essayer de trouver le port utiliser par le cable pour la communication :  ---->ls /dev/ -l    Mon cable est connecté au port /dev/ttyUSB0 ! |
| **Etape 6** | Nous pouvons maintenant essayer de communiquer avec la Raspberry  ----> picocom /dev/ttyUSB0 -b 115200 |
| **Etape 7** | La raspberry nous demande de nous loger :  Login = root  Password = root |

Transfere du code LineDirector vers la Raspberry

|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 1** | Connecter le PC à la Raspberry avec un cable ethernet |
| **Etape 2** | Connectez-vous en terminal (en mode texte ou ouvrez un terminal sur le bureau)  ----> cd Dev/workspace/LineDetector  Le code se trouve dans main.cpp    Le Makeflie nous permet d'utiliser une commande afin de générer l'exécutable compilié pour la raspberry  ----> make |
| **Etape 3** | Maintent vous devez avoir deux terminaux ouvert  -un connecter à la raspberry à l'aide de picocom et le câble USB/TTL (côté Raspberry)  -un dans le ficher LineDetector (côté PC) |



|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 4** | On va copier **LineDetector** (côté PC) vers le répertoire **/home/pi** (côté Raspberry) en passant par le câble Ethernet. Le PC et la Raspberry doivent être dans le même sous-réseau. Pour cela, nous avons besoin de configurer les adresses IP. |
|  | (côté Raspberry)  On va affecter une adresse ip à la Raspberry  ----> ifconfig    La Raspberry est connecté au PC via un câble Ethernet nommé eth0  ----> ifconfig eth0 192.168.2.2 |
| **Etape 5** | (côté PC)  Son adresse IP doit être dans le même sous-réseau que la Raspberry  ----> ifconfig    Le PC est connecté à la Raspberry via un câble Ethernet nommé enp2s0  ----> ifconfig enp2s0 192.168.2.1 |
| **Etape 6** | (côté Raspberry)  On lui affecte un mot de passe :  ----> passwd pi |
| **Etape 7** | (côté PC)  On peut maintenant faire la copie  ----> scp LineDetector [pi@192.168.2.2](mailto:pi@192.168.2.2):/home/pi  Il est possible qu'un warning apparaisse. Dans ce cas tapez la ligne entouré en vert.    ----> ssh-keygen -f "/home/robotique/.ssh/known\_hosts" -R "192.168.2.2"  puis retapez la commande :  ----> scp LineDetector [pi@192.168.2.2](mailto:pi@192.168.2.2):/home/pi  Ensuit, entrez le mot de passe affecté lors de l'Etape 6. |

Exécution du programme

|  |  |
| --- | --- |
| **Etape 1** | Brancher la caméra à la Raspberry |
| **Etape 2** | (côté Raspberry)  Commende à tapez **à chaque mise sous tension** de la Raspberry  ----> modprobe bmc2835-v4l2 |
| **Etape 3** | On se dirige vers le repertoir pi  ----> cd /home/pi/ |
| **Etape 4** | On exécute le programme  ----> ./LineDetector 0 |

# Bibliographie

<https://www.insa-lyon.fr>

<http://www.groupe-insa.fr>

Rapport du stage

IUT Lyon 1 – DUT Génie Electrique et Informatique Industrielle

Développement d’une Plateforme RObot MUltidisciplinaire (PROMU)

Mehdi KADAR

# Résumé

Ce rapport traite du stage que j’ai effectué dans le cadre de ma formation en GEII (Génie Electrique et Informatique Industrielle). Ce stage de 10 semaines au sein de l’INSA de LYON m’a ainsi donné une première expérience professionnelle dans les domaines du GEII.

Mon projet était axé sur la programmation. Je devais asservir un robot mobile avec un caméra pour qu’il puisse suivre un trajet délimité par une ligne noire. Il fallait aussi piloter un bras robotique à l’aide d’un Arduino et en utilisant le protocole de communication du bras. Finalement, je devais réaliser un collaboration entre ces deux outils afin de créer un système autonome et multidisciplinaire. Mon stage s’est avéré être complet et enrichissant.

Si tu viens de la filière ARIC et que tu es un passionné de programmation que ce soit sur des microcontrôleur, cible embarqué ou même sur du Linux, je pense que tu devrais jeter un coup d’œil à ce rapport. Il risquerait très fortement de t’intéresser.

Mots clés

Programmation, Arduino, Raspberry, Protocole de communication, Robots collaboratifs, Etude, Conception, IoT.