

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE

Mémoire de Master

En électronique

Thème :

**Développement et implémentation d'un système de
localisation odométrique pour robots mobiles**

Encadré par :

Dr. R.SADOUN

Réalisé par :

M.Sami BENABIDALLAH

Promotion : Juin 2015

Remerciements

En premier lieu et avant toute chose, Louange et Action de grâce à Allah le tout puissant pour toutes ses grâces et ses faveurs, pour m'avoir accordé la chance d'étudier à l'École Nationale Polytechnique et m'avoir donné le courage et la force d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens avant tout à remercier mon directeur de projet Dr.Rabah SADOON. Ses conseils et son optimisme m'ont été d'une aide précieuse tout au long de ce projet. Je le remercie pour la liberté qu'il m'a laissée dans mes travaux. Merci également à M.Zeryab MOUSSAOUI de m'avoir aidé. Ses conseils lors de nos entrevues ont toujours été fructueux. Je tiens également à remercier les membres de mon jury, Pr.Mhania GUERTI pour l'honneur qu'elle me fait de le présider, Dr.Mourad ADNANE pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail en acceptant d'être examinateur, ses remarques et suggestions m'ont permis d'améliorer la qualité de mon travail.

Je remercie également les membres de l'équipe Cyborg pour m'avoir offert les portes de leur laboratoire et d'avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire pour l'implémentation. Remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

ملخص

يتناول هذا العمل مشكلة تحديد موقع روبوت متنقل من نوع أحادي. فقد تم تطوير وتنفيذ نظام لمعرفة موقف الروبوت, يحترم القيود الالكتروميكانيكية. يتم تحديد الموقع في الوقت الحقيقي من خلال الأودوميتر وذلك باستخدام البيانات من أجهزة الاستشعار للروبوت. تم محاكاة النظام وأخيرا، تم تنفيذ النظام في الوقت الحقيقي على الروبوت.

Résumé

Ce travail traite du problème de la localisation d'un robot mobile de type unicycle. Un système de localisation permettant la connaissance de la position du robot et respectant les contraintes électro-mécaniques, a été développé puis implémenter sur robot à différentiel de vitesse. La localisation est faite en temps réel par odométrie, en employant les données des capteurs incrémentaux du robot. Une simulation du système odométrique est présentée. Enfin l'implémentation temps réel a été réalisée sur le robot.

Mots clés :

Localisation, Odométrie, Robotique mobile, Encodeurs.

Abstract

This work addresses the problem of locating a mobile robot unicycle type. A tracking system for the knowledge of the position of the robot and respecting the electro- mechanical constraints, has been developing and implementing on robot speed differential . The location is done in real time by odometry , using the data of the incremental sensors of the robot. A simulation of the odometry system is presented. Finally, the real-time implementation was on the robot.

Keywords :

Localization, Odometry, Mobile Robotics, Encoders.

Table des matières

Remerciements	i
Résumé	ii
Abstract	ii
Introduction Générale	1
1 Robotique mobile	2
1.1 Notions de robotique mobile	2
1.1.1 Classes des robots mobiles à roues	3
1.2 Navigation	4
1.3 État de l’art de la localisation en robotique mobile	4
1.3.1 Localisation odométrique	5
1.3.2 Localisation inertielle	5
1.3.3 Localisation à partir d’images de profondeur	5
1.3.4 Localisation à partir de la vision	5
1.4 Localisation de notre robot	6
1.4.1 L’odométrie	6
1.4.2 Modèle physique	6
1.4.3 Calcul d’odométrie	6
1.5 conclusion	7
2 Constitution du robot	8
2.1 Partie mécanique	8
2.2 Partie électronique	9
2.2.1 Moteurs	9
2.2.2 Carte de puissance	10
2.2.3 Carte d’asservissement	10
2.2.4 Carte Navigation	11
3 Modélisation de l’odométrie sous Simulink	12
3.1 Élaboration du modèle de simulation	12
3.1.1 Modélisation des moteurs	12
3.1.2 Bloc odométrie	15
3.2 Simulation de l’odométrie	16
3.2.1 Simulation 1 : Translation	16
3.2.2 Simulation 2 : Pivotation	17
3.2.3 Simulation 3 : Mouvement quelconque	18
3.3 Implémentation de l’odométrie	18
Conclusion Générale	20

Bibliographie

21

Table des figures

1.1	Robot mobile Cyborg	3
1.2	Classes des robots mobiles à roues	4
2.1	Base roulante du robot	8
2.2	Moteur Maxon DC 226771	9
2.3	Principe de l'encodeur	10
2.4	Carte de puissance	10
2.5	Carte de puissance et d'asservissement	11
2.6	Schéma de principe	11
3.1	Paramètres électro-mécaniques du moteur	13
3.2	Fonction de transfert du moteur	14
3.3	Modélisation des moteurs	14
3.4	Bloc odométrie	15
3.5	Constitution du bloc odométrie	16
3.6	Simulation 1 : Translation	17
3.7	Simulation 2 : Pivotation	17
3.8	Simulation 2 : Pivotation	18
3.9	Abscisse en fonction du temps	19

Introduction Générale

Les robots mobiles sont largement utilisés dans les environnements industriels, et actuellement il y'a une forte tendance à élargir les milieux où évoluent les robots à des environnements domestiques et personnels. Les applications possibles sont nombreuses, on peut citer, l'assistance aux personnes handicapées, aide aux tâches d'entretien et de maintenance, etc. On parle alors, de façon générale, de robotique d'intérieur.

Un tel environnement d'utilisation nécessite que le système robotisé soit capable d'accomplir au minimum des tâches de base qui sont la localisation, la planification et la navigation. On notera que les deux dernières tâches ne sont faites de manière correcte que si la première retourne de bons résultats.

Effectivement, la localisation est une fonction essentielle aux robots mobiles, permettant de se mouvoir tout en respectant les règles d'évolution du robot dans son environnement. La localisation consiste à calculer et mettre à jour la position du robot et son orientation dans un repère lié à l'environnement. Dans ce travail on se limite aux cas des robots évoluant sur un plan.

Ce travail a pour but la mise en œuvre d'un système de localisation basé sur des capteurs reliés aux roues motrices du robot, dans l'objectif de l'implémenter sur le robot Cyborg participant à la compétition "Eurobot".

Dans un premier temps, nous présenterons quelques généralités sur la robotique mobile, nous parlerons brièvement de l'aspect navigation en robotique, ensuite un état de l'art de la localisation présentant quelques méthodes de localisation est discuté, nous en sortirons avec la méthode de localisation utilisée en détaillant son modèle physique.

Dans un deuxième temps, une présentation du robot Cyborg est faite, dans la quelle sera exposé la structure mécanique du robot, les cartes de puissance, d'asservissement et de navigation présentes sur le robots.

Ensuite, nous exposerons la modélisation et les simulations du système de localisation traité

Enfin, nous terminerons avec une conclusion et des perspectives futures.

Chapitre 1

Robotique mobile

Sommaire

1.1	Notions de robotique mobile	2
1.1.1	Classes des robots mobiles à roues	3
1.2	Navigation	4
1.3	État de l'art de la localisation en robotique mobile	4
1.3.1	Localisation odométrique	5
1.3.2	Localisation inertielle	5
1.3.3	Localisation à partir d'images de profondeur	5
1.3.4	Localisation à partir de la vision	5
1.4	Localisation de notre robot	6
1.4.1	L'odométrie	6
1.4.2	Modèle physique	6
1.4.3	Calcul d'odométrie	6
1.5	conclusion	7

Ce premier chapitre présentera quelques notions sur la robotique mobile, l'aspect navigation en robotique sera exposé. Ce chapitre traitera l'une des principales tâches d'un robot : la localisation, un état de l'art de la localisation en robotique mobile sera présenté, à partir de là, la méthode de localisation traitée sera mise en évidence.

1.1 Notions de robotique mobile

L'appellation "robot mobile" désigne généralement un véhicule équipé de capacités de perception, de décision et d'action qui lui permettent d'agir de manière autonome ou semi-autonome dans un environnement complexe, parfois évolutif, partiellement connu ou inconnu, et d'exécuter les tâches programmées sans intervention humaine ou avec une intervention réduite.



FIGURE 1.1: Robot mobile Cyborg

Il existe deux principaux modes de fonctionnement pour un robot mobile : télé-opéré et autonome. En mode télé-opéré[1], une personne pilote le robot à distance. Elle donne ses ordres via une interface de commande (joystick, clavier...), et ceux-ci sont envoyés au robot via un lien de communication (internet, satellite...). Le robot doit donc obéir aux ordres de l'opérateur qui perçoit l'environnement autour du robot, par différents moyens (camera, radar...), de manière à donner des ordres adaptés au robot. A l'inverse, en mode autonome [2],[3] le robot doit prendre ses propres décisions. Cela signifie qu'il doit être capable à la fois de percevoir correctement son environnement, mais également de savoir comment réagir en conséquence, suivant le niveau d'autonomie. C'est à lui d'envisager son parcours et de déterminer avec quels mouvements il va atteindre son objectif.

1.1.1 Classes des robots mobiles à roues

Pour déplacer un robot mobile sur une surface, il faut au moins deux degrés de liberté, donc deux moteurs. Et c'est aussi la combinaison du choix des roues et de leur disposition qui confère à un robot son mode de locomotion propre [3] [4], on rencontre principalement trois types de robot :

- Robot uni-cycle : Actionné par deux roues indépendantes et possédant éventuellement un certain nombre de roues folles assurant sa stabilité ;
- Robot tricycle (et de type voiture qui partagent des propriétés cinématiques proches) : Constitué de deux roues fixes de même axe et d'une roue centrée orientable placée sur l'axe longitudinal du robot. Le mouvement est conféré au robot par deux actions (la vitesse longitudinale et l'orientation de la roue orientable) ;
- Robot omnidirectionnel : Un robot mobile est dit omnidirectionnel si l'on peut agir indépendamment sur les vitesses (vitesse de translation selon les axes x et y et vitesse de rotation autour de z).



FIGURE 1.2: Classes des robots mobiles à roues

1.2 Navigation

Dans la littérature classique, le problème de navigation est souvent formulé comme un problème de calcul de chemin orienté vers un but, problème où la représentation de l'environnement à partir des informations sensorielles apparaît comme essentielle.

La navigation [4] peut être soit prédéterminée (la planification est effectuée avant que le robot n'entame son mouvement), soit réactive (la modification de la trajectoire s'effectue en temps réel au cours du déplacement, à partir du retour sensoriel). Nous nous intéressons dans cette section seulement à la navigation réactive.

La navigation réactive [5],[6] utilise des actions réflexes pour guider le robot et se différencie essentiellement par le type de perceptions utilisées pour déclencher ces actions. Elle n'utilise que les valeurs courantes des capteurs, pour décider de l'action à effectuer. Le principe consiste à engendrer progressivement des incréments de déplacements pour permettre de se rapprocher du but en utilisant une information locale sur les contraintes imposées par l'environnement. Cette information peut être issue, par exemple, de capteurs de distances ou de capteurs tactiles ou encore, directement, par un algorithme de calcul de distances. On reconnaît à cette méthode l'avantage d'être rapides pour l'obtention d'une solution, elle permet de réaliser des tâches de bas niveau, comme l'évitement des obstacles imprévus, essentielles à la sécurité d'un robot.

1.3 État de l'art de la localisation en robotique mobile

Étant donné le rôle central joué par la localisation dans la navigation autonome, il n'est pas surprenant de trouver de très nombreuses contributions relatives à ce problème dans la littérature. Elles se répartissent dans un très large spectre, les capteurs, outils et formalismes utilisés étant très variés. [7] est un ouvrage qui présente un bon aperçu des différentes approches, surtout en environnements intérieurs, avec des aspects pratiques liés au capteurs et

aux outils utilisés très intéressants.

1.3.1 Localisation odométrique

A priori utilisable dès que la structure de locomotion est à roues, la localisation odométrique est extrêmement répandue dans le contexte des environnements intérieurs, où les robots évoluent sur un plan. Elle est par contre moins utilisée en environnements naturels, d'une part parce que le robot évolue dans les trois dimensions de l'espace, ce qui nécessite l'utilisation d'au moins un inclinomètre pour mesurer l'angle de site du robot, et d'autre part parce que les principaux problèmes liés à l'odométrie (impossibilité de mesurer les glissements et dérapages) sont bien plus fréquents et importants qu'en environnements intérieurs.

1.3.2 Localisation inertielle

Les capteurs inertiels sont bien sûr incontournables pour la localisation : différentes technologies de perception de moments et de forces permettent d'avoir une mesure des accélérations transversales et des vitesses de rotations, mesures dont l'intégration dans le temps permet de déduire les 6 paramètres de position d'un mobile dans l'espace. Ces capteurs sont particulièrement utilisés en navigation aérienne. Il s'agit d'une technologie qui évolue très rapidement et si les plus chers d'entre eux ont d'excellentes performances en précision, on trouve désormais sur le marché des accéléromètres et gyromètres compacts et relativement précis.

1.3.3 Localisation à partir d'images de profondeur

Les images de profondeur, produites par télémétrie laser ou radar et par stéréo-vision, sont sans aucun doute les données extéroceptives les plus utilisées pour déterminer la position d'un robot lors de ses déplacements. On distingue deux types de contributions : les méthodes qui utilisent des représentations de l'environnement construites à partir des données et les méthodes qui utilisent directement les données, sans les structurer ni les modéliser.

1.3.4 Localisation à partir de la vision

Les images acquises par vision contenant des informations extrêmement riches, beaucoup de contributions au problème de la localisation sont basées sur ces données, qu'elles proviennent d'une caméra munie d'un objectif « classique » ou panoramique.

Il y a d'abord les différentes techniques développées dans la communauté des spécialistes en vision qui abordent la résolution du problème « motion and structure from motion ». Elles consistent à reconstruire à partir d'une séquence d'images la géométrie de l'environnement et la trajectoire suivie par la caméra.

1.4 Localisation de notre robot

1.4.1 L'odométrie

L'odométrie est certainement la méthode de localisation relative [8] la plus couramment employée pour les robots disposant d'une structure de locomotion à roues.

1.4.2 Modèle physique

Afin de calculer le mouvement global du robot il est nécessaire d'établir un modèle décrivant le déplacement du robot. Sachant que dans notre cas le robot est contrôlé par le différentiel de vitesse entre les deux roues motrices et en supposant que la trajectoire du robot est un cercle de rayon R parcouru à la vitesse $\frac{d\theta}{dt}$ (R positif si le cercle est parcouru dans le sens trigonométrique), dans ce cas on aura :

$$v = R \frac{d\theta}{dt} \quad (1.1)$$

En notant par e la longueur de l'entraxe, on déduit les vitesses des roues gauche et droite :

$$\begin{cases} v_g = (R - \frac{e}{2}) \frac{d\theta}{dt} = (R - \frac{e}{2}) \frac{v}{R} \\ v_d = (R + \frac{e}{2}) \frac{d\theta}{dt} = (R + \frac{e}{2}) \frac{v}{R} \end{cases} \quad (1.2)$$

Le système (1.2) décrit le modèle direct du déplacement du robot, c'est à dire, le calcul des vitesses des roues v_g et v_d à partir des paramètres de la trajectoire, v et R .

Cependant, l'odométrie calcule la position du robot à partir des mesures odométriques, il est donc nécessaire de calculer le modèle inverse du déplacement du robot, afin de retrouver les paramètres de la trajectoire. Il nous faut donc inverser le modèle (1.2) pour reconstruire le rayon de courbure local et la vitesse du robot.

L'inversion du modèle (1.2) donne :

$$\begin{cases} v = \frac{v_g + v_d}{2} \\ R = \frac{e}{2} \frac{v_d + v_g}{v_d - v_g} \end{cases}$$

1.4.3 Calcul d'odométrie

A présent, on est en mesure de calculer et de mettre à jour la position du robot en temps réel :

à chaque instant, les mesures odométriques nous donnent les déplacements des roues d_g et d_d depuis l'instant précédent le modèle inverse (dans lequel l'intervalle de temps a été éliminé et les vitesses remplacées par des déplacements) nous permet de calculer le déplacement d du robot et le rayon de courbure instantané R de la trajectoire. on calcule le changement

d'orientation $d\theta$ du robot et les coordonnées du centre O du cercle trajectoire :

On met à jour la position du robot :

$$\begin{cases} \theta \leftarrow \theta + d\theta \\ x \leftarrow x_O + R \cos(\theta) \\ y \leftarrow y_O + R \sin(\theta) \end{cases}$$

1.5 conclusion

Dans ce chapitre nous avons résumé toutes les notions de base nécessaires à la compréhension du domaine de la robotique mobile, ainsi que les techniques de localisation d'un robot autonome, un choix d'une technique de localisation a été fait. Nous allons, dans le prochain chapitre, présenter la structure du robot.

Chapitre 2

Constitution du robot

Sommaire

2.1	Partie mécanique	8
2.2	Partie électronique	9
2.2.1	Moteurs	9
2.2.2	Carte de puissance	10
2.2.3	Carte d'asservissement	10
2.2.4	Carte Navigation	11

Dans ce chapitre, nous présenterons brièvement les parties constituant le robot Cyborg, qui représente la cible de notre travail sur la localisation odométrique.

2.1 Partie mécanique

La partie mécanique qui nous intéresse sur le robot est sa base, illustrée ci dessous celle ci se compose de deux roues reliés a deux moteurs via une courroie et un réducteur de vitesse.

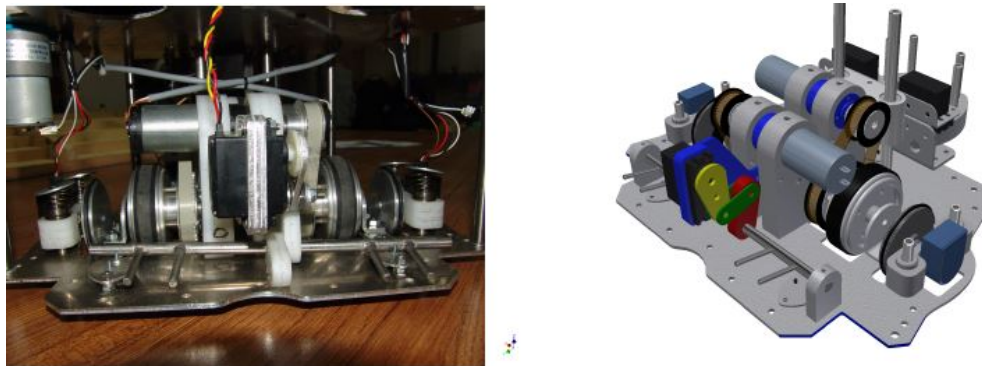


FIGURE 2.1: Base roulante du robot

La partie encodeur est disjointe et se fait en externe pour palier au problèmes de glissements qui faussent les mesures (dans le cas où l'odométrie est intégrée au moteur). Le robot inclu d'autres parties permettant d'effectuer les différentes taches et actions relatives au cahier de charges des concours "eurobot".

2.2 Partie électronique

L'électronique du robot est constituée de trois parties, la première faisant la commande en tension des moteurs ou carte de puissance, la partie asservissement s'occupe de la régulation de la consigne de tension appliquée en entrée de la carte puissance ces deux cartes sont isolée électriquement enfin la carte navigation s'occupe du calcul de la consigne de vitesse pour atteindre la position désirée.

2.2.1 Moteurs

Deux moteurs à courant continu sont utilisés pour faire avancer le robot.



FIGURE 2.2: Moteur Maxon DC 226771

2.2.1.1 Encodeurs

Les encodeurs rotatifs servent à mesurer le déplacement rotatif d'un axe. Les composants de base d'un encodeur rotatif : une diode électroluminescente (LED), un disque et un capteur de lumière de l'autre côté du disque. Le disque, monté sur l'axe rotatif, comporte des motifs encodés de secteurs opaques et transparents. Lorsque le disque tourne, les segments opaques bloquent la lumière alors que ceux où le verre est clair la laissent passer. Ceci génère des impulsions d'onde carrée qui peuvent ensuite être interprétées comme position ou mouvement.

Un encodeur ne générant qu'une série d'impulsions ne serait pas très utile puisqu'il ne pourrait pas indiquer la direction de la rotation. L'encodeur en quadrature comporte deux pistes de code dont les secteurs sont décalés de 90 degrés d'une piste à l'autre ; ceci permet d'avoir deux sorties de voie qui indiquent la position et la direction de la rotation. Si A devance B, par exemple, le disque tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. Si B devance A, le disque tourne dans le sens contraire. Par conséquent, en surveillant à la fois le nombre d'impulsions et les phases relatives des signaux A et B, on peut suivre la position et la direction de la rotation.

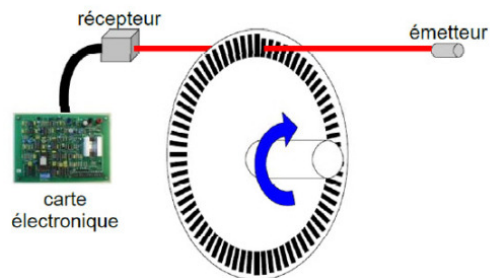


FIGURE 2.3: Principe de l'encodeur

2.2.2 Carte de puissance

La carte de puissance a été conçue au tour du circuit L298 permettant le contrôle des deux moteurs à courant continu, celle ci utilise des optocoupleurs 4n35/4n36 pour séparer totalement l'alimentation logique (Commande) de l'alimentation puissance. De cette manière, le pic est totalement protégé contre les remontées de parasites.

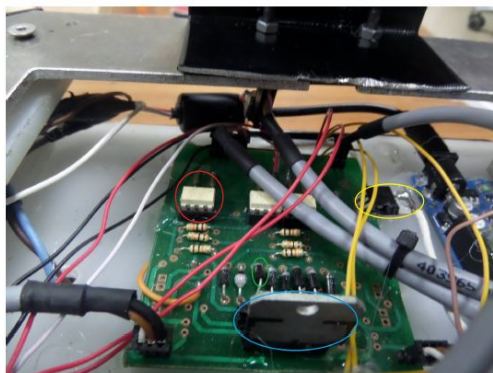


FIGURE 2.4: Carte de puissance

- Cercle rouge : Rouge : Optocoupleur ou photocoupleur, permettant de transmettre un signal d'un circuit électrique à un autre, sans qu'il y ait de contact galvanique entre eux, et sert de protection pour les contrôleurs.
- Cercle bleu : CI L298.
- Cercle vert : Vert : Diode de roue libre, servant à court-circuiter les pointes de tension (inverses) qui naissent aux bornes d'une bobine (moteur) lors de la coupure de son alimentation.
- Cercle jaune : Régulateur 5V.

2.2.3 Carte d'asservissement

Carte de type Arduino Mega, en entrée la carte récupère les consignes de vitesse sur les ports série et les signaux des deux encodeurs optiques, en sortie les PWM sont utilisés pour la commande des moteurs et enfin un des ports série permet de communiquer les vitesses mesurées par les encodeurs optiques.

Schéma de câblage :

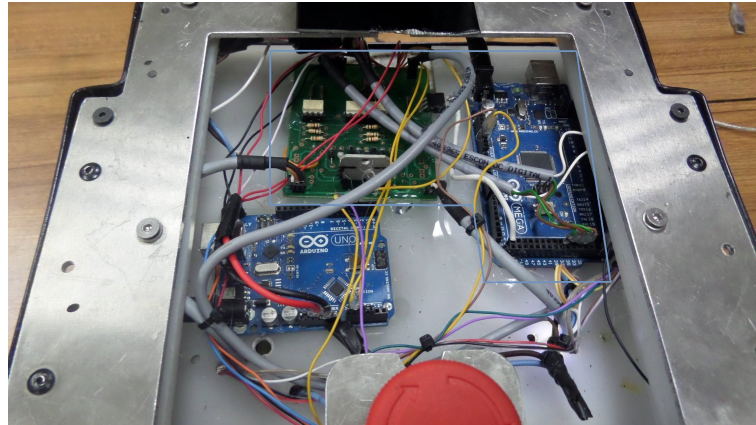


FIGURE 2.5: Carte de puissance et d'asservissement

2.2.4 Carte Navigation

La carte navigation est une Arduino Mega, cette carte calcule les nouvelles consignes de vitesses grâce à un algorithme de régulation.

Schéma de principe :

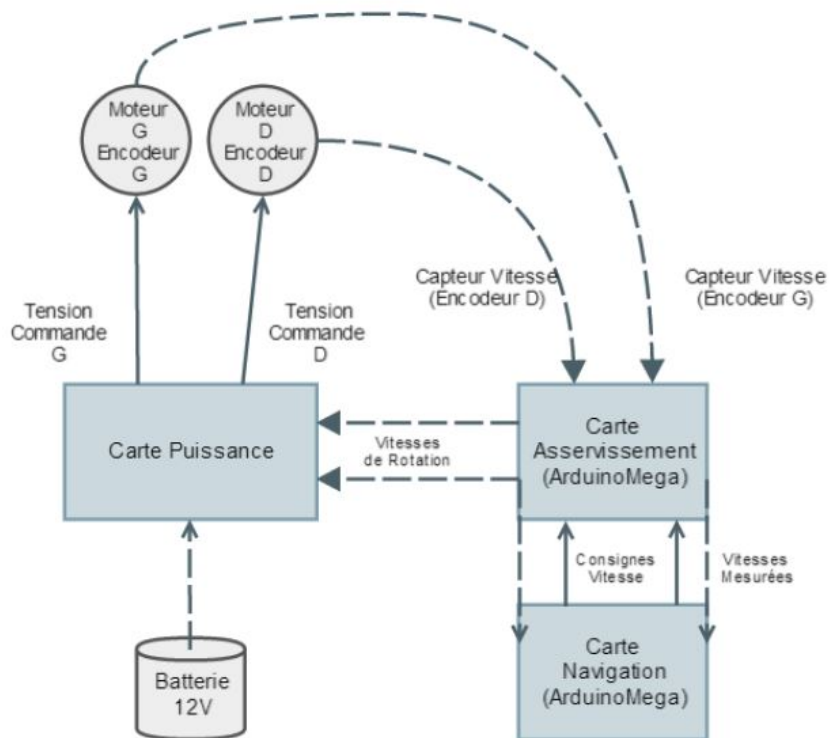


FIGURE 2.6: Schéma de principe

Chapitre 3

Modélisation de l'odométrie sous Simulink

Sommaire

3.1	Élaboration du modèle de simulation	12
3.1.1	Modélisation des moteurs	12
3.1.2	Bloc odométrie	15
3.2	Simulation de l'odométrie	16
3.2.1	Simulation 1 : Translation	16
3.2.2	Simulation 2 : Pivotation	17
3.2.3	Simulation 3 : Mouvement quelconque	18
3.3	Implémentation de l'odométrie	18

Dans ce chapitre sera exposé la modèle de l'odométrie, afin de vérifier le bon fonctionnement de cette dernière, nous aurons donc besoin de modéliser les moteurs des roues ainsi que d'intégrer le traitement odométrique sous Simulink, dans le but rappelons le, de déterminer la position du robot x , y et θ l'angle d'attaque.

3.1 Élaboration du modèle de simulation

3.1.1 Modélisation des moteurs

La machine à courant continu peut être modélisée par le biais d'équations électrique, électromécanique et mécanique. Ces trois groupes d'équations nous permettrons de mieux appréhender la machine à courant continu dans son fonctionnement réel.

On peut citer deux méthodes permettant de modéliser un moteur :

3.1.1.1 Méthode 1

L'une des procédures possibles pour simuler le comportement des moteurs pour avoir un modèle virtuel, est de consulter les documents du constructeur afin d'obtenir les paramètres électro-mécaniques à incorporer au modèle on obtient dans ce cas la fonction de transfert du moteur.

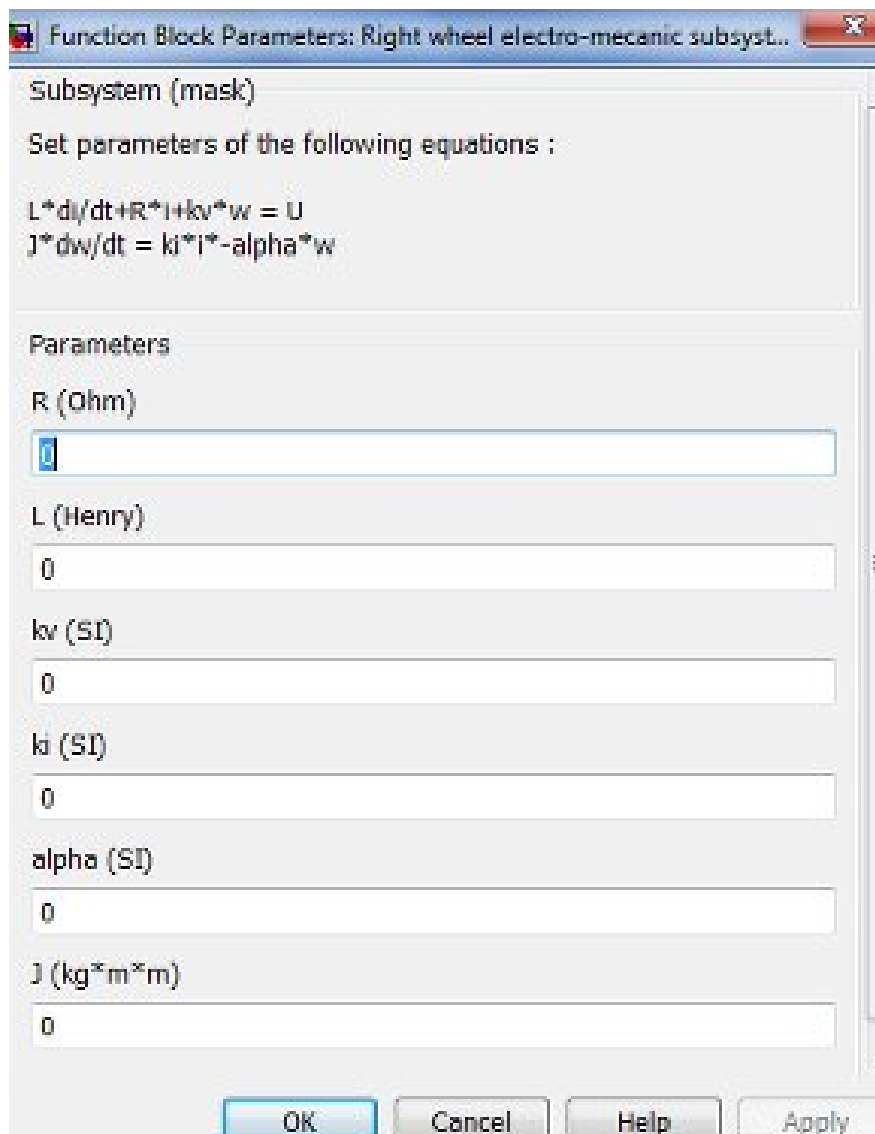


FIGURE 3.1: Paramètres électro-mécaniques du moteur

3.1.1.2 Méthode 2

La seconde méthode est de caractériser le moteur par sa fonction de transfert, pour cela des méthodes d'identification existent, on cite celle dite de Broida, qui est une méthode d'identification en boucle ouverte d'une réponse indicelle expérimentale, et qui consiste à assimiler la fonction de transfert d'un système d'ordre n à celle du premier ordre affectée d'un retard pur .

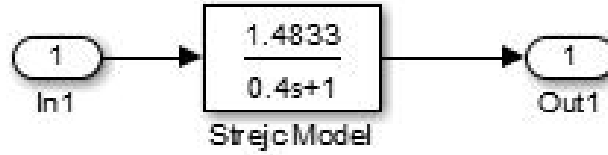


FIGURE 3.2: Fonction de transfert du moteur

Une régulation de type proportionnelle a été effectuée, afin d'améliorer la robustesse du système, on note cependant qu'on peut se passer de la régulation dans le cas où l'on veut uniquement simuler le système odométrique, mais dans le cas où le système de localisation est implémenté avec un régulateur, il est préférable d'utiliser une boucle de régulation proportionnelle.

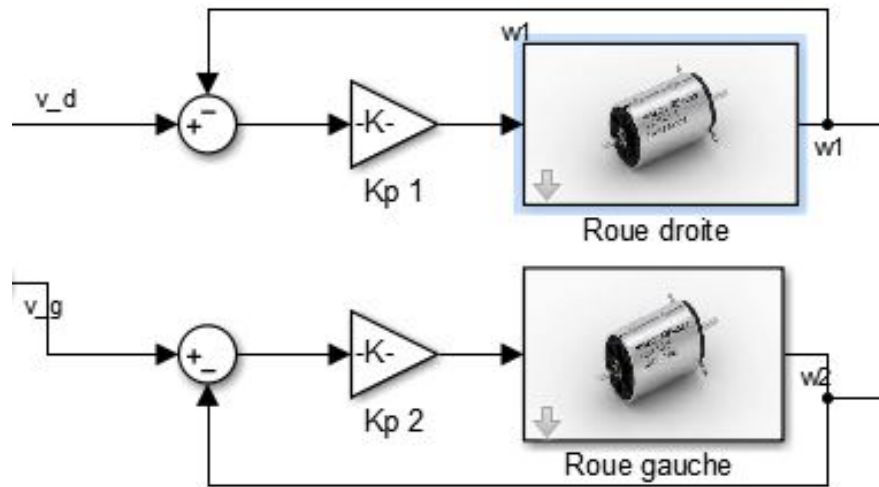


FIGURE 3.3: Modélisation des moteurs

3.1.2 Bloc odométrie

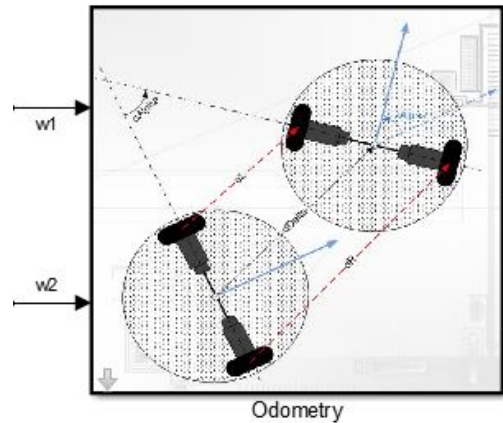


FIGURE 3.4: Bloc odométrie

Dans le bloc odométrie, on doit intégrer le calcul odométrique vu en chapitre 1.

3.1.2.1 Détermination de l'angle d'attaque

Sachant que :

$$\begin{cases} v_g = (R - \frac{e}{2}) \frac{d\theta}{dt} \\ v_d = (R + \frac{e}{2}) \frac{d\theta}{dt} \end{cases} \quad (3.1)$$

On tire l'expression pour le calcul de θ :

$$\theta(t) = \int \frac{v_d - v_g}{e} dt \quad (3.2)$$

3.1.2.2 Détermination de la position (x,y)

Sachant que :

$$v = \frac{v_d + v_g}{2} \quad (3.3)$$

Et connaissant l'angle d'attaque, on projette le vecteur vitesse sur l'axe des abscisses et sur l'axe des ordonnées, et en intégrant ces derniers, on tire le couple de coordonnées (x,y) du robot.

$$\begin{cases} x = \int v \cos(\theta) dt \\ y = \int v \sin(\theta) dt \end{cases} \quad (3.4)$$

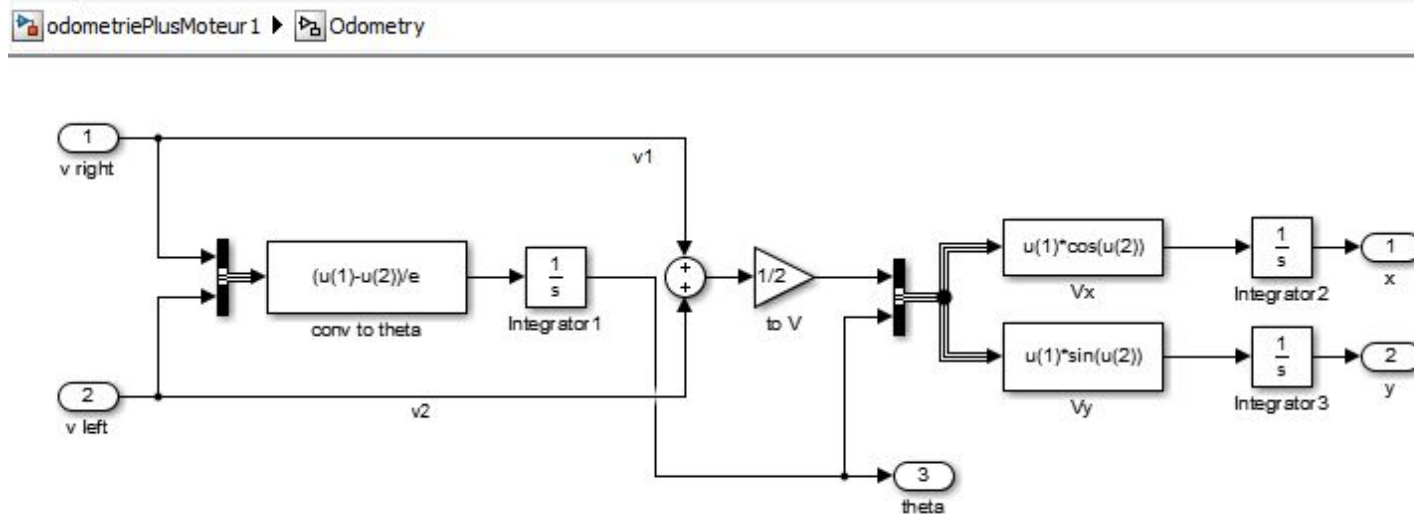


FIGURE 3.5: Constitution du bloc odométrie

3.2 Simulation de l'odométrie

La simulation prend en entrée deux vitesses, ces vitesses correspondent à celles des roues droite et gauche et en sachant que notre robot est un robot mobile à différentiel de vitesse, les vitesses introduites doivent être égales si on veut avoir seulement une translation et différentes si on veut réorienter le robot.

3.2.1 Simulation 1 : Translation

Le test 1, va être d'introduire des vitesses égales et vérifier que le robot se translate bien dans le sens voulu (à l'état initial le robot est orienté selon l'axe des x)

On injecte les mêmes vitesses pour la roue droite et la roue gauche :

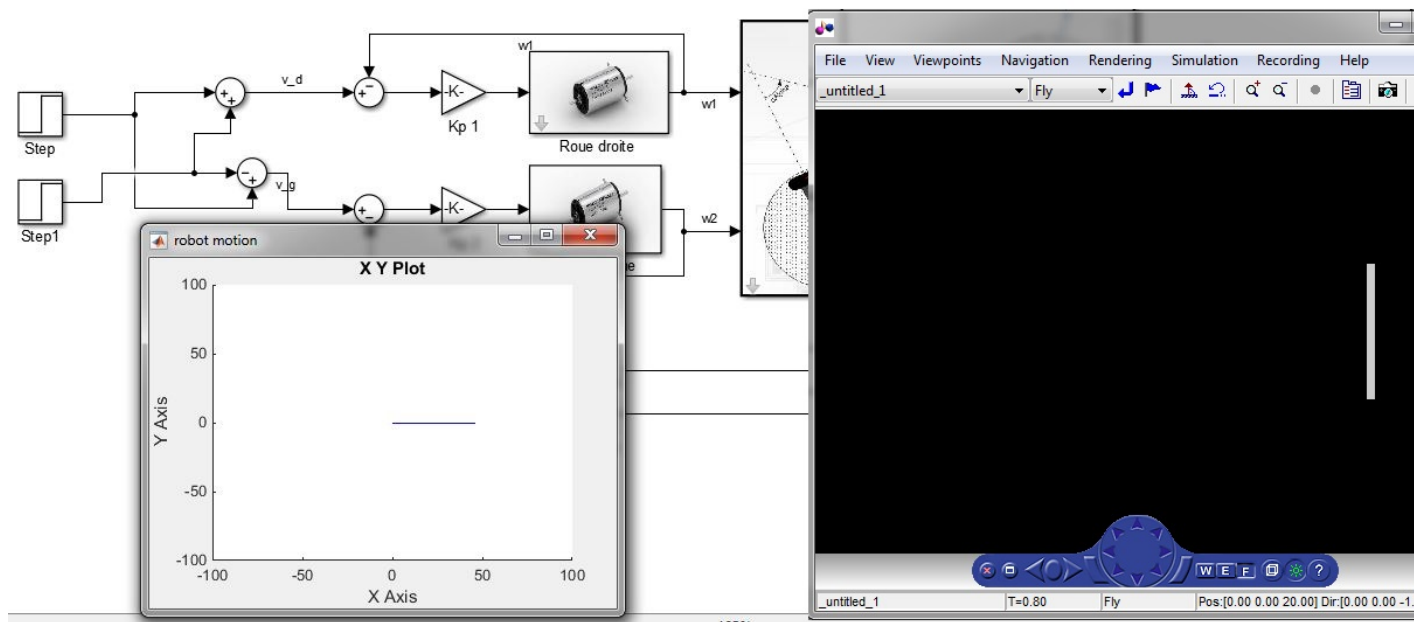


FIGURE 3.6: Simulation 1 : Translation

On a bien une translation, en effet, le robot se meut suivant sa direction initiale.

3.2.2 Simulation 2 : Pivotation

Le test 2, visera à faire pivoter le robot sur lui même, et vérifier les résultats de l'odométrie. Pour cela, on introduit les mêmes vitesses des roues mais de signes opposés.

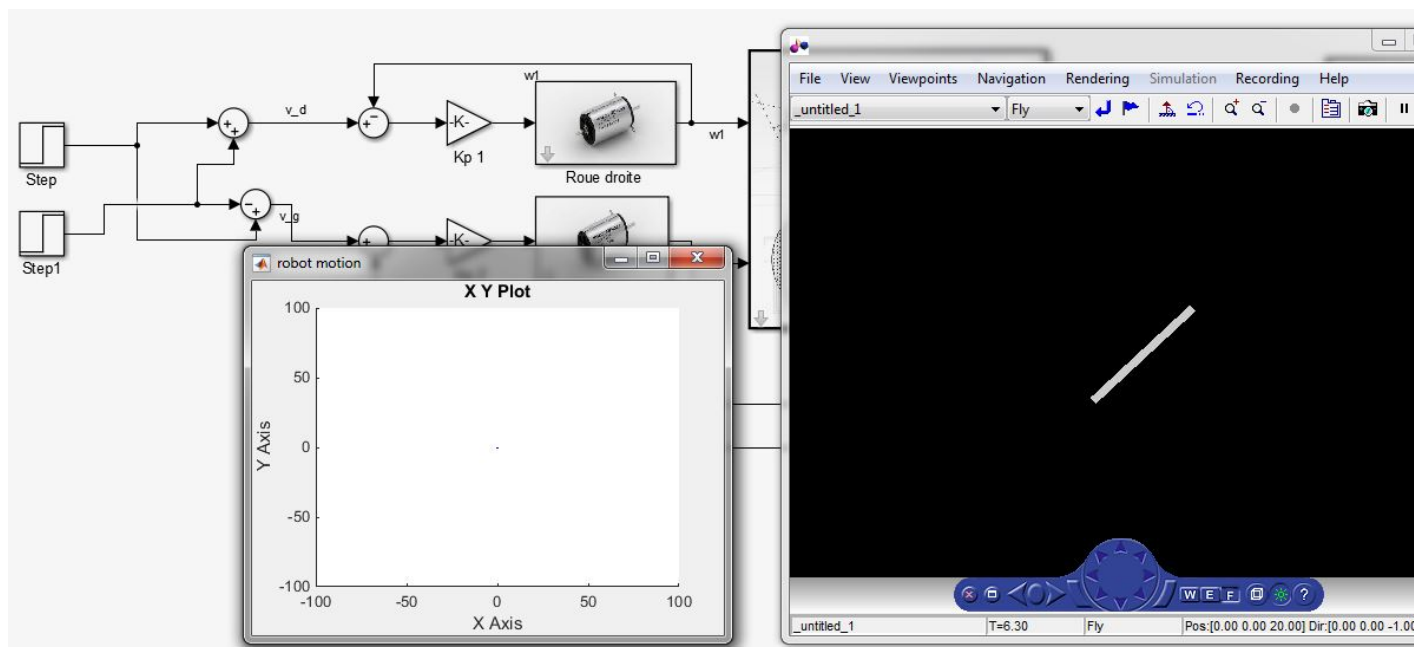


FIGURE 3.7: Simulation 2 : Pivotation

On constate effectivement que le robot tourne sur lui même.

3.2.3 Simulation 3 : Mouvement quelconque

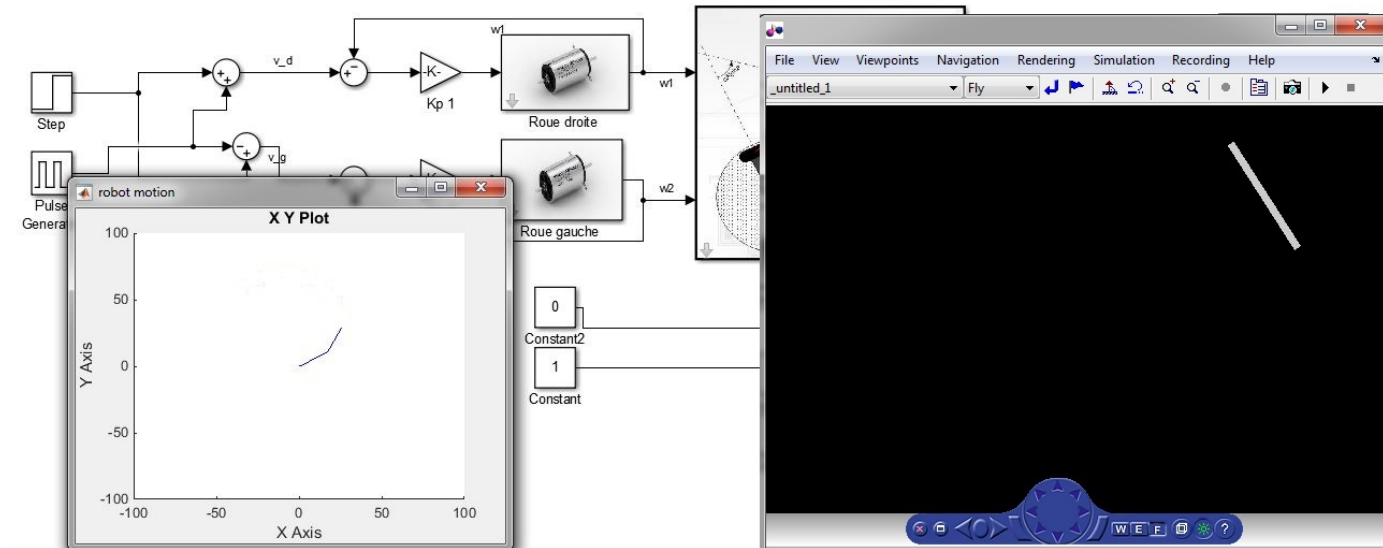


FIGURE 3.8: Simulation 2 : Pivotation

3.3 Implémentation de l'odométrie

Le système odométrique traité a été intégré dans un projet de navigation, et a donné de bons résultats, on illustre un des résultats obtenu par la figure suivante :

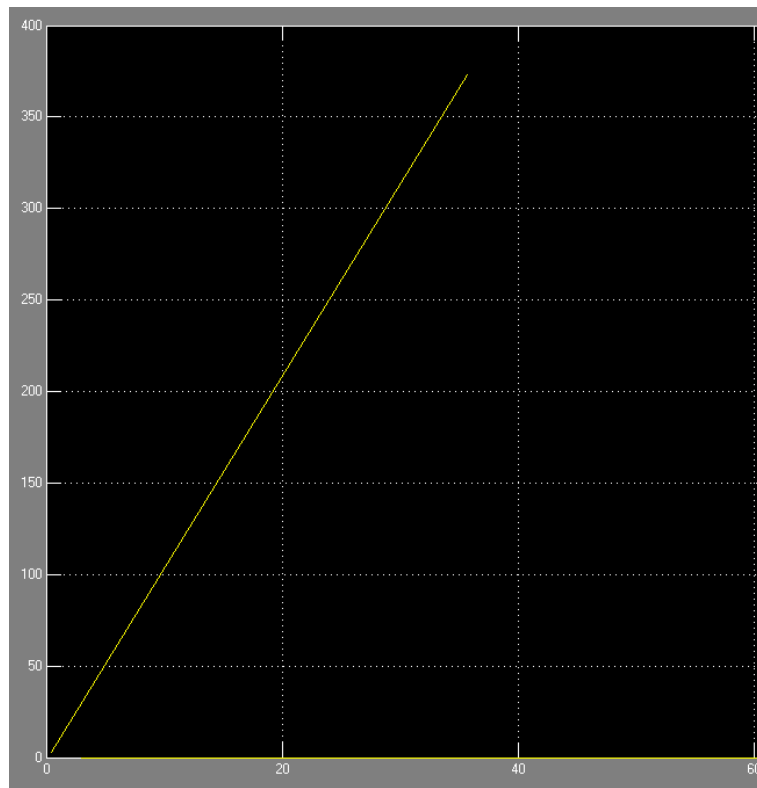


FIGURE 3.9: Abscisse en fonction du temps

Le test a été effectué pour une vitesse de translation fixe égale à 10cm/s, on remarque que le graphe de l'évolution de l'abscisse x correspond bien à la vitesse consigne, en effet, la pente de la courbe est égale à la vitesse introduite. Une seconde vérification a été effectuée, elle consistait à mesurer la distance parcourue à l'aide d'un mètre, et effectivement, la distance mesurée correspond aux attentes.

Conclusion Générale

Dans ce mémoire, l'objectif primordial résidait dans la mise en œuvre d'un système odométrique se basant sur des capteurs incrémentaux, ainsi que son implémentation sur un robot.

Ce travail a débuté par la présentation des concepts de base et des notions de la robotique mobile. Un état de l'art sur la localisation en robotique a été mis en avant, par la suite, la méthode de localisation traitée, a été discutée et mise en œuvre. Les résultats de simulation ayant montré clairement l'efficacité de la localisation odométrique, on est passé à l'implémentation du système sur le robot Cyborg.

Le travail effectué donne lieu à plusieurs perspectives, une perspective pourrait être dégagée à court terme, elle concerne le matériel de perception, en effet, on peut coupler (fusion de données) la localisation odométrique, traitée dans ce mémoire, à des modules de vision pour améliorer la capacité du robot à se localiser.

Bibliographie

- [1] Houcine Zerfa. Conception et réalisation d'un Robot Mobile devant être télé-opéré par internet. Mémoire d'ingénieur de l'université des sciences et de la technologie d'Oran. Algérie.2009.
- [2] Bilgic. T and I. Turksen. Model based localization for an autonomous mobile robot. Proceedings of the 1995 IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 6.
- [3] Roland SIEGWART, Illah R. NOURBAKHSI. Introduction to Autonomous Mobile Robots. 2004. Massachusetts Institute of technology.
- [4] [T. Bräunl]. Thomas Bräunl. Embedded Robotics Third Edition, Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems. School of Electrical, Electronic and Computer Engineering The University of Western Australia 35 Stirling Highway, M018 Crawley, Perth, WA 6009 Australia. 2008.
- [5]. Song, K, Chang, C. Reactive Navigation in Dynamic Environment Using a Multisensor Predictor. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 29, 870-880. (1999).
- [6] Patrick Reignier. Pilotage réactif d'un robot mobile étude du lien entre la perception et l'action. Thèse de doctorat de l'institut National Polytechnique De Grenoble. Décembre 1994.
- [7] Borenstein. J, B. Everett & L. Feng. Navigating mobile robots (Systems and techniques). A. K. Peters, Ltd. Wellesley, 1996.
- [8] Nicolas MORETTE. Contribution à la Navigation de robots mobiles : approche par modèle direct et commande prédictive. Thèse de doctorat de l'université d'Orléans, France. 2009.