

Projet Robot LEGO : Cahier des Charges

Cours ISC - 2A SLE

Implantation des systèmes de contrôle

1 Contexte

Ce projet s'inscrit dans le contexte du développement de systèmes embarqués basé sur des modèles. En particulier, on s'intéresse à l'implantation sûre de systèmes de commande embarquée en utilisant l'ordinateur. Les atouts offerts par une telle implantation numérique sont nombreux (en particulier la souplesse de la structure des algorithmes et des logiciels de commande). Pourtant un problème dans cette approche est une dégradation possible des performances dynamiques inhérente à la conversion numérique-analogique et à l'exécution des algorithmes de calcul.

Dans la partie théorique (sous forme de CM), au travers d'une chaîne d'outils pour l'implantation de systèmes de commande embarquée, nous illustrons des aspects importants de l'implantation sûre et de la génération automatique de logiciel de contrôle. Cette partie théorique permet aux étudiants d'apprendre des outils de conception, des langages de programmation embarquée qui garantissent que l'implantation respecte de *bonnes* propriétés.

En parallèle de cette partie théorique, en utilisant des robots LEGO Mindstorms NXT, sous forme d'un projet d'étude, les étudiants pratiquent toutes les étapes de la chaîne de développement : modélisation, conception de contrôleurs, validation par simulation, et implantation de contrôleurs. Le projet est réalisé par groupes de 2 personnes.

Ce cahier des charges a pour but de guider la mise en œuvre du projet. Il décrit les tâches à faire et les questions à adresser dans le rapport du projet (à rendre le jour de

soutenance).

2 Objectif du Projet

Le but de ce projet est de faire suivre à un robot NXT une ligne noire sur le sol, en utilisant deux capteurs de lumière.

Le projet se fait en 2 étapes principales : conception d'un contrôleur, et l'implantation du contrôleur.

2.1 Conception du contrôleur

Le robot possède deux capteurs de lumière G (gauche) et D (droite) qui sont positionnés sur le devant et pointent vers le sol afin de détecter la ligne noire. Le robot possède deux moteurs connectés à ses deux roues dont les vitesses sont v_G et v_D . Les capteurs sont utilisés pour mesurer la déviation de la trajectoire du robot par rapport à la ligne noire.

Un contrôleur est proposée et implanté dans un modèle Simulink disponible sur la page du cours. Il est important de noter que ce contrôleur est donné à titre d'exemple. Pour l'adapter à des environnements concrets, il faut modifier ses paramètres.

Le contrôleur se compose de deux blocs :

- Bloc de calcul décart. Ce bloc calcule les erreurs d'orientation et de vitesse. Les capteurs sont utilisés pour mesurer l'écart de la trajectoire actuelle du robot par rapport à la ligne noire, à partir des données c_G et c_D fournies par les capteurs à gauche et à droite.
- Bloc de correcteur. Les erreurs d'orientation et de vitesse sont les entrées du bloc de correcteur. L'orientation est corrigée par un correcteur de type PI, et l'erreur de vitesse par un correcteur de type P.

Notons que la vitesse d'avancer du robot dépend également de l'erreur d'orientation, puisque quand l'erreur d'orientation à corriger est grande, il faut ralentir le robot afin que le robot ne rate pas la ligne. **Question : quels blocs dans le contrôleur réalise cette régulation ?**

Les tâches à réaliser :

- Ajuster le contrôleur et valider le fonctionnement et la performance du contrôleur par le simulateur de SIMULINK.

2.2 Implantation de contrôleurs

Cette partie concerne le sujet principal de ce cours.

2.2.1 Echantillonnage

discrétisation du contrôleur, choix de période d'échantillonnage, ajout d'un filtre d'anti-alias (si besoin).

Question : expliquer le choix de période d'échantillonnage et de la méthode de discrétisation (Euler en avant, Euler en arrière, etc).

2.2.2 Calibrage des moteurs

Si l'on utilise la fonction $OnFwd(OUT_A, u)$ pour contrôler les moteurs, u est le pourcentage par rapport à la puissance maximale. Il faut donc déterminer les vitesse maximale (qui est V_MAX dans le programme NXC de glue) qui dépend di niveau de la batterie.

En plus, il se peut que les deux moteurs ne fonctionnent pas exactement pareils. Il faut alors ajuster de manière que quand les vitesses de consigne sur les deux roues sont les mêmes, le robot doit rouler tout droit.

Question : Expliquer le calibrage des moteurs.

2.2.3 Calibrage des capteurs

Le contrôleur en Simulink fourni a été calculé sous l'hypothèse que l'intervalle de valeurs données par des capteurs de lumière est de 0 (noir) à 100 (blanc).

Question : est-ce que cette hypothèse est valide pour les capteurs réels ? Sinon, il faut effectuer un calibrage. Expliquer le calibrage.

2.2.4 Conversion vers des flottants ou des entiers de NXC

Si des "doubles" sont utilisés dans le modèle SIMULINK, la traduction implique une conversion des flottants de double précision en flottants de simple précision ou en entiers de NXC, ce qui cause une perte de précision.

Pour éviter un dépassement des bornes des flottants/entiers representables en NXC, il faut prendre en compte les bornes inférieure et supérieure des entrées (c-a-d les données fournies par des capteurs de lumière) et des sorties (c-a-d les vitesses des deux roues) du modèle de contrôleur en SIMULINK.

Question : expliquer les précautions à prendre.

2.2.5 Traduction du contrôleur en SIMULINK vers LUSTRE

Il faut noter que l'on traduit seulement le contrôleur (et pas le modèle Simulink entier qui contient aussi des blocs modélisation de la dynamique du robot et l'émulateur de capteurs).

2.2.6 Compilation de LUSTRE vers NXC

Ceci se fait en utilisant le compilateur `lus2c`. Il faut ensuite compléter le code de glue en NXC (pour spécifier les entrées, sorties, etc).

Question : expliquer le code de glue.

2.2.7 Compilation de NXC et chargement du code dans le robot

(En utilisant l'outil "t2n" sous Linux ou l'environnement Brixcc sous Windows)

2.2.8 Expérimentations

Faire des expérimentations sur le robot et débogage si besoin.

Question : expliquer et interpréter la procédure d'expérimentation et les résultats.

3 Evaluation : rapports et soutenances

Le projet sera présenté et démontré sur les robots lors d'une soutenance d'environ 10-15mn. A rendre le jour des soutenances :

1. Un rapport qui adresse toutes les questions mentionnées ci-dessus.
2. Tous les programmes exécutables (Simulink, Lustre, NXC)