

## CHAPITRE 2

### PROBLÉMATIQUE

#### 2.1 Introduction

Le premier chapitre a permis de mettre en relief les différences entre les types de contrôleurs de robots et de les mettre en contexte avec le domaine de la recherche appliquée en robotique industrielle.

Ce chapitre présente deux orientations empruntées en recherche par deux organismes existants. Suite à cela, les incompatibilités entre ces deux organismes sont soulignées dans le but de trouver une façon de concilier les deux façons de faire. Finalement, une solution est proposée ainsi que des objectifs liés à sa réalisation.

#### 2.2 Description de deux approches

Dans cette section sont présentés deux contextes de recherche appliquée, soit un dans l'univers académique et un autre dans une entreprise de recherche industrielle issue d'une société d'État.

##### 2.2.1 Description d'une approche académique

À l'École de technologie supérieure (ÉTS), plusieurs chercheurs utilisent le prototypage rapide de contrôleur (PRC), c'est-à-dire qu'ils emploient un environnement de simulation graphique avec un générateur de code pour la programmation de leurs contrôleurs robotiques.

Les contrôleurs développés servent à des fins éducatives et pour la recherche appliquée. L'utilisation du PRC facilite le développement de contrôleurs performants, ce qui a pour effet d'agrandir le bassin d'utilisateurs potentiels ainsi que de faciliter l'évolution et la validation des outils.

Cette approche n'est pas uniquement utilisée par l'ÉTS: d'autres institutions d'enseignement utilisent cette approche de développement de contrôleur de robots [48-50].

### **2.2.2 Description d'une approche industrielle**

À l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ), un cadre d'application robotique (CAR) est utilisé pour concevoir des contrôleurs fiables. Le CAR développé par l'IREQ se nomme Microb (voir section 1.6.3).

Ce CAR est utilisé depuis plusieurs années et a permis de standardiser l'aspect logiciel de nombreux projet robotiques, dont la plupart ont été faits sur mesure pour des applications spéciales. Comme les applications pour lesquelles les contrôleurs ont été développés font souvent appel à du matériel très spécialisé, ce type de contrôleur est tout à fait indiqué. De plus, ce milieu est particulièrement propice à l'utilisation d'un CAR puisque de nombreux chercheurs connaissent à la fois la robotique et la programmation orientée objet.

L'IREQ a besoin de quelques chercheurs qui ont développé des contrôleurs avec un langage de programmation traditionnel, car elle veut être leader mondial pour son marché qui est constitué de petites niches où sont utilisés des robots très spécialisés. Pour avoir le maximum de flexibilité, elle a besoin des concepteurs du CAR sur place. Par ailleurs, elle doit posséder un CAR pour développer rapidement de nouvelles

applications. Finalement, l'IREQ se doit d'être en lien avec les chercheurs universitaires pour demeurer un leader mondial.

### **2.3 Problèmes observés**

Actuellement, les méthodes de conception de contrôleurs de l'IREQ et de l'ÉTS ne sont pas compatibles. De plus, l'usage exclusif de l'une de ces deux approches comporte des désavantages importants, exposés dans les lignes qui suivent.

L'utilisation exclusive de Microb est peu avantageuse, particulièrement à cause du niveau des connaissances requis pour l'utiliser, du temps d'apprentissage nécessaire pour le maîtriser et par le fait que son utilisation est peu répandue. Pour utiliser Microb, il faut dans un premier temps avoir des connaissances suffisantes en programmation orientée objet ainsi qu'en systèmes temps réels. De plus, son apprentissage nécessite beaucoup de temps et souvent une formation venant d'un expert Microb. Finalement, comme l'utilisation de Microb est limitée à une poignée de chercheurs, cela limite les possibilités d'amélioration ainsi que les outils disponibles.

Les chercheurs externes à l'IREQ ne sont donc pas enclins à apprendre Microb car en plus d'être difficile à apprendre, c'est un logiciel peu utilisé. Ce problème est actuellement contourné en adjoignant un expert Microb avec un chercheur venant de l'extérieur. Toutefois, cette solution s'avère coûteuse en ressources spécialisées. De plus, comme le chercheur est dépendant, il peut être retardé à cause d'un manque de disponibilité de l'expert Microb, ce qui retarde l'ensemble d'un projet.

L'utilisation exclusive des outils de PRC est peu intéressante dans cette situation. En plus d'une flexibilité réduite, un problème majeur réside dans le fait que de nombreux contrôleurs, intégrant plusieurs aspects de haut niveau tels que la sécurité, sont déjà

développés avec le CAR Microb. Selon l'IREQ, l'option de refaire ces contrôleurs n'est pas techniquement justifiable ni économiquement viable.

De plus, les outils de PRC sont conçus principalement pour faire du traitement de signal plutôt que de la gestion événementielle, ce qui en fait un outil peu adapté au développement de contrôleur de robot. En effet, les différents modes dans lequel peut se trouver un contrôleur de robot dépendent des événements qui se sont produits ou de signaux d'interruption particuliers. De prime abord, il semble que la gestion des différents états du contrôleur à l'aide d'un logiciel de traitement de signal requiert l'utilisation de subterfuges divers tandis que faire la même gestion avec un CAR apparaît plus aisé.

Finalement, de façon générale, les outils de PRC ont une moins grande compatibilité avec le matériel informatique que le CAR. Cela rends donc nécessaire le développement des pilotes logiciels, opération pouvant s'avérer coûteuse en temps ainsi qu'en retard qu'elle peut causer au projet de recherche dans son ensemble.

## **2.4 Solution proposée**

La solution proposée est de combiner les deux méthodes de conception de contrôleur, soit celle utilisant le PRC et l'autre utilisant le CAR, de façon à maximiser leurs avantages respectifs.

Pour éviter qu'il y ait confusion dans les outils utilisés, il est primordial de séparer les mandats de ces deux outils. Pour contourner le problème de compatibilité matérielle, il est préférable que les outils de PRC ne soient pas liés directement au matériel. C'est pourquoi il est proposé que le contrôleur global, développé à l'aide du CAR, soit le centre névralgique du système, responsable de gérer l'exécution des lois de contrôles et d'interagir avec le matériel ainsi qu'avec les usagers, tel qu'illustré à la Figure 8. Des

lois de contrôle générées selon l'approche de PRC pourront s'ajouter à ce contrôleur global.

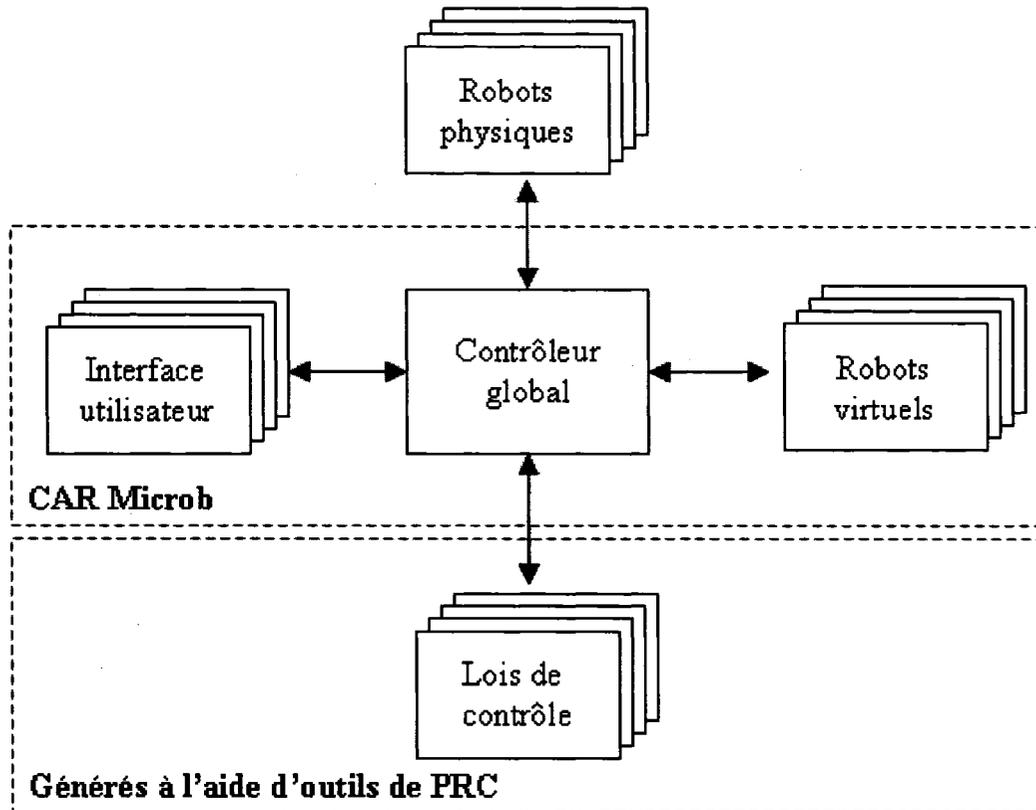


Figure 8 Illustration de la structure de contrôleur proposée

Cette solution maximise l'utilisation des experts de Microb pour les tâches critiques: le contrôleur global doit être configuré pour accueillir les lois de contrôle. Une fois cette opération complétée, les experts en contrôle peuvent contribuer aux contrôleurs de la façon la plus autonome possible sans connaître Microb.

Cette solution peut toutefois nuire à l'évolution de Microb à long terme en limitant son développement. Malgré tout, elle permet d'accroître l'utilisation du CAR à court terme et potentiellement permettre au CAR de se spécialiser.

## **2.5 Objectif général**

Afin de combiner les méthodes de développement de contrôleurs de l'IREQ et de l'ÉTS, une approche logicielle permettant la migration de lois de commande à partir d'un environnement de simulation graphique (PRC) vers un CAR est développée. Cette approche doit autant que possible permettre de bénéficier à la fois des avantages du CAR et de ceux de l'environnement de simulation.

## **2.6 Objectifs spécifiques**

Le but précis est d'élaborer une procédure et les outils informatiques requis permettant l'implantation rapide d'un contrôleur développé sous l'environnement Matlab/Simulink vers un contrôleur temps réel développé avec le CAR Microb conçu par Hydro-Québec.

Un contrôleur à couple précalculé pour un robot virtuel à deux degrés de liberté sera développé sous l'environnement Matlab/Simulink puis implanté selon la procédure élaborée. Le contrôleur devra fonctionner sous le système d'exploitation Windows XP ainsi que sur le système d'exploitation temps réel QNX tout en satisfaisant les besoins des utilisateurs.

## **2.7 Avantages escomptés**

En plus de permettre un rapprochement entre les deux méthodes de conception, il est pressenti que la combinaison de ces deux approches apporte les avantages suivants:

- Permettre d'utiliser les puissants outils de calcul et de modélisation provenant de l'environnement de simulation graphique;
- Apporter une plus grande compatibilité au niveau matériel informatique ;
- Assurer une gestion simple et robuste des superviseurs grâce au CAR;
- Augmenter l'utilisation du CAR.

## **2.8 Conclusion**

Ce chapitre a permis de constater que deux organismes en recherche appliquée avaient des approches différentes et peu compatibles. Une solution a été avancée afin de concilier la conception de contrôleur à l'aide d'un CAR et du PRC. La solution proposée consiste à allier deux méthodes de conception de contrôleur en permettant qu'une loi de contrôle réalisée à l'aide d'un outil de PRC s'adapte à un contrôleur global développé à l'aide d'un CAR.

## **CHAPITRE 3**

### **MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE**

#### **3.1 Introduction**

Cette section présente le plan de recherche et le plan de la suite du mémoire. Elle fait état des étapes à franchir pour atteindre les objectifs spécifiques fixés dans le chapitre précédent.

#### **3.2 Étapes de réalisation du projet de recherche**

Avant d'élaborer la procédure de migration, il est primordial de connaître quels sont les besoins des futurs usagers pour la solution qui leur est proposée. Au CHAPITRE 4, un sondage (voir ANNEXE 1) est développé à partir de la norme ISO 9126-1 [63]. Ce sondage est soumis à un groupe d'usagers potentiels provenant tant de l'IREQ que de l'ÉTS.

La compilation de ce sondage permet de connaître les attentes des usagers et également de savoir quels sont les éléments à prioriser lors d'une décision de conception. De plus, chaque critère est pondéré de façon à pouvoir faire une évaluation quantitative au cours du projet.

Un produit de migration peut prendre la forme d'une bibliothèque ou d'une application externe. Le CHAPITRE 5 détermine sous quelle forme le produit de migration répond le plus aux besoins des utilisateurs. Ce choix conditionne l'ensemble du développement du protocole de migration.

Pour prendre une décision éclairée, les principaux produits utilisables sont testés. Les tests sont effectués en simulation avec un modèle simple sans utiliser le CAR Microb afin de raccourcir le temps de développement requis. La performance de ces produits est mesurée à partir des critères fixés au CHAPITRE 4. Grâce à ces mesures de performance, il est possible d'évaluer les différents produits afin de déterminer lequel est le plus pertinent à utiliser.

Le choix du produit de migration fait, il est alors possible de développer le protocole de migration au CHAPITRE 6. Dans un premier temps, la séquence de migration est décrite afin de comprendre quelles sont les étapes de développement d'un contrôleur migré. Dans un deuxième temps, l'environnement Matlab est modifié pour permettre la génération du produit désiré. Dans un dernier temps, l'environnement du CAR Microb est adapté afin qu'il puisse utiliser adéquatement le produit de migration.

Le protocole de migration étant développé, son utilisation est documentée au CHAPITRE 7. La documentation comprend un exemple de migration, puis la description de l'installation du protocole et enfin l'utilisation du protocole.

Le CHAPITRE 8 permet d'effectuer l'évaluation du protocole de migration. Cette évaluation est basée sur la migration d'une loi de contrôle d'un environnement de PRC vers un contrôleur conçu à l'aide du CAR. Ce contrôleur, développé avec Microb, fonctionne sous QNX et sous Windows XP.

L'évaluation de la solution finale est effectuée de façon quantitative et qualitative. La partie quantitative est basée sur des mesures de performance fondées sur les besoins des utilisateurs décrits au CHAPITRE 4. La portion qualitative consiste à consulter un groupe d'usager qui évalue le protocole en le testant puis en répondant à un questionnaire (voir ANNEXE 2) également basé sur les besoins des usagers décrits au CHAPITRE 4.

### 3.3 Conclusion

Un plan de réalisation du projet de recherche a été développé et se divise en cinq étapes distinctes, soit:

1. Fixer les objectifs du protocole de migration (CHAPITRE 4);
2. Choisir le produit de migration (CHAPITRE 5);
3. Développer le protocole de migration (CHAPITRE 6);
4. Décrire l'utilisation du protocole de migration (CHAPITRE 7);
5. Évaluer le protocole de migration (CHAPITRE 8).

Après l'exposition de la méthodologie, il convient d'entrer dans le vif du sujet en analysant les besoins des utilisateurs afin d'être en mesure de prendre les meilleures décisions lors de la conception logicielle du protocole de migration.

MCours.com