



HAL
open science

Gestion d'interaction Humain-Cobot pour l'exécution de tâches en cuisine

Samia Benferhat, Florent Frizon de Lamotte, Christophe Lohr, Jean-Luc Philippe

► **To cite this version:**

Samia Benferhat, Florent Frizon de Lamotte, Christophe Lohr, Jean-Luc Philippe. Gestion d'interaction Humain-Cobot pour l'exécution de tâches en cuisine. JETSAN 2021 - Colloque en Télésanté et dispositifs biomédicaux - 8ème édition, Université Toulouse III - Paul Sabatier [UPS], May 2021, Toulouse, Blagnac, France. hal-03501202

HAL Id: hal-03501202

<https://hal.science/hal-03501202>

Submitted on 23 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Gestion d'interaction Humain-Cobot pour l'exécution de tâches en cuisine

Samia Benferhat^{1, a}, Florent Frizon De Lamotte^{1, a}, Christophe Lohr^{2, a}, Jean-Luc Philippe^{1, a}

¹ Univ. Bretagne Sud, Lorient, ²IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire, Brest, France

^aLab STICC, UMR CNRS 6285, France

samia.benferhat@univ-ubs.fr

Abstract - Le développement de la robotique a ouvert dans le domaine de l'assistance à la personne des perspectives qui permettent d'étendre l'autonomie des personnes handicapées. Les personnes en situation de handicap physique conservent leurs facultés intellectuelles et peuvent être autonomes dans leur vie quotidienne, du moment qu'elles disposent de moyens techniques compensant leur handicap, comme par exemple des dispositifs robotiques. La problématique principale de cet article est la gestion de l'interaction entre l'humain (en situation de handicap) et le cobot (robot collaboratif) à domicile dans un scénario d'aide à la préparation du repas. La définition du modèle d'interaction amène à faciliter le choix de l'architecture et la composition du système. Le système se compose d'un niveau de commande qui contrôle le système et un niveau exécutif qui exécute le geste. Le premier est un système multi-agents qui contrôle les cobots et les autres équipements, tels que les capteurs et actionneurs présents dans la cuisine domotisée. Le deuxième système est le mécanisme qui constitue le cobot.

Keywords: Interaction, Robotique d'assistance, Systèmes multi-agents, Cobot, ROS, JADE.

I. INTRODUCTION

Dans cet article, l'approche de modélisation d'interaction entre l'humain en situation de handicap physique et le cobot, est, avant tout, une tâche de collaboration. L'exemple choisi pour apporter une aide est celui d'une préparation de recette de cuisine. Afin de faciliter l'interaction et permettre à l'utilisateur d'intervenir, on a choisi de décomposer chaque tâche en plusieurs gestes. Le modèle théorique du cobot, dans ce cas, est vu comme un ensemble de machines à états qui interagissent avec le niveau décisionnel. Le choix s'est porté sur les systèmes multi-Agents (SMA) pour leurs capacités d'interaction et de communication. Un SMA permet aussi d'avoir une architecture distribuée qui donne une plus grande flexibilité, sécurité et autonomie au système (chaque agent est indépendant et autonome). Lors de la modélisation de l'interaction, nous avons identifié les besoins de l'utilisateur. Toutes les transitions d'états possibles sont décrites explicitement. Plusieurs cas d'interactions ont été testés. Afin de mettre en œuvre les modèles d'interactions définis, une architecture du système général a été

mise en place. Différents niveaux ont été identifiés : un niveau décisionnel et un niveau exécutif. L'interaction est gérée à plusieurs niveaux pour permettre à l'utilisateur de collaborer ; ainsi le cobot n'est pas là pour faire tout à la place de l'humain, mais pour apporter une aide et participer aux tâches quotidiennes emblématiques de l'accession à l'autonomie d'un utilisateur porteur de handicap. Le système conçu et prototypé démontre la gestion de l'interaction humain-robot à différents niveaux et dans différentes situations. Le système permet une adaptabilité aux besoins de l'utilisateur. Il permet aussi à l'utilisateur d'interagir.

L'article est structuré comme suit :

- La section II établit un état de l'art sur les différents travaux d'interaction en robotique. La méthodologie suivie pour structurer les travaux est également caractérisée.
- La section III montre la méthodologie suivie pour définir une approche du système.
- La section IV définit le système de manière générale, puis détaille et illustre chaque niveau du système proposé.
- La section V expose les expérimentations conduites et les outils utilisés pour les tests et scénarios.
- Enfin, la section VI conclut cette étude et détermine les perspectives pour des travaux futurs.

II. ETAT DE L'ART

Les besoins de collaboration et de communication entre les humains et les cobots, dans différentes tâches et situations, ont conduit à la nécessité d'un contact entre l'humain et les robots. Un domaine de recherche HRI (*Human-Robot Interaction*, ou interaction humain-robot) a émergé pour définir et structurer ces interactions. L'HRI englobe plusieurs champs de recherche. C'est l'intersection entre la robotique, l'ergonomie, la psychologie et le design. On parle d'interaction dès qu'une communication est établie entre l'humain et le robot. Cela peut prendre plusieurs formes. La manière d'interagir dépend de la proximité ou pas entre l'humain et le robot. On distingue deux catégories générales [1] :

- **Interaction à distance:** l'humain et le robot sont séparés spatialement ou temporairement (par exemple l'humain et le cobot se trouvent dans des planètes différentes).
- **Interaction à proximité:** l'humain et le robot ont la même localisation, par exemple, dans une même pièce ou dans un même environnement.

Nous nous positionnons au deuxième cas d'interaction (interaction à proximité). Le cobot et l'humain se trouvent dans la même localisation (même pièce).

A. Différents domaines d'application des HRI (hors l'assistance à la personne)

La recherche sur les interactions couvre de nombreux domaines de robotique. Nous pouvons en citer quelques-uns: Les robots sont utilisés dans divers secteurs du divertissement, y compris le tourisme [2] comme les hôtels [3] et la restauration [4]. L'industrie du voyage utilise des robots pour réduire l'interaction homme-robot. Les robots sont présents dans les aéroports [5] ou les gares [11]. Des expériences ont été menées dans les musées [6] pour déterminer le moment le plus approprié pour approcher les visiteurs. Un autre domaine de haute technologie comme l'espace s'intéresse également à l'HRI en utilisant par exemple des techniques telles que la virtualisation en ligne et la réalité virtuelle [7]. En robotique de sauvetage, les interactions jouent un rôle très important en raison de l'urgence [8]. Enfin, nous pouvons conclure avec le domaine militaire qui tend à rendre l'interaction plus collaborative [9].

B. HRI dans le domaine d'assistance à la personne

La recherche en robotique d'assistance inclut plusieurs secteurs. Nous pouvons citer quelques exemples:

1) Les robots de rééducation

On prend l'exemple des robots qui viennent en aide aux enfants autistes [10]. Dans le travail cité, l'interaction est modélisée de manière à avoir une capacité à prédire rapidement et précisément les actions à venir d'un robot. Ceci facilite la communication et l'apprentissage des enfants.

2) Les robots compagnons

Comme leur nom l'indique, ils tiennent compagnie aux humains. Plus particulièrement aux personnes âgées. Ils fournissent une aide psychologique. Cela se manifeste par une communication et une interaction entre les robots et les utilisateurs. L'exemple de PARO [12] revient assez souvent. Il est utilisé spécialement pour la thérapie.

3) Robots en fauteuil

Ce sont des robots intégrés sur des fauteuils comme JACO [13]. L'utilisateur interagit avec le cobot à travers un joystick. Plusieurs tâches sont exécutées en téléopération avec une grande

précision (par exemple: l'insertion d'une clé dans une serrure et l'ouverture de la porte).

Dans le domaine de la cuisine plusieurs travaux ont vu le jour dans le domaine de l'assistance à la personne. On cite l'exemple du cobot Obi [14]. Il s'adapte aux besoins de l'humain sans programmation préalable. Le cobot fonctionne en téléopération à travers un bouton pour le guider. Ce cobot interagit avec l'utilisateur, mais il se limite à la prise du repas (une cuillère mécanique). Certaines fonctionnalités, comme la préparation, la découpe d'aliments ou l'utilisation d'une fourchette, ne sont pas disponibles. Dans cet article nous proposons un système qui va au-delà du service de prise du repas et s'intéresse à sa préparation en s'appuyant sur une bibliothèque de gestes en collaboration entre l'humain et le cobot.

Dans le même contexte de la cuisine, plus précisément, la préparation de repas, on peut citer le travail du projet COOK [23] qui apporte des aides technologiques aux personnes atteintes d'handicap cognitif (TBI/ traumatisme crânio-cérébral). Le but est de guider l'utilisateur dans l'exécution des tâches, soutenir la reconnaissance des ustensiles de cuisine, et assurer la sécurité de l'utilisateur dans un contexte réel. En revanche, notre travail vise une autre catégorie de handicap (physique) et apporte une aide mécanique et physique pour exécuter un geste, et ceci, en faisant collaborer l'humain et le cobot dans l'environnement de la cuisine.

Nous avons vu dans cet état de l'art différents types de systèmes d'interactions utilisés dans la robotique en général. Plusieurs problématiques liées à ces interactions surgissent.

Parmi celles-ci, nous pouvons citer la gestion de l'autonomie par l'humain. Elle peut être classifiée en différents niveaux. La (figure 1) illustre les différents degrés allant de la téléopération du système par un humain jusqu'à l'autonomie totale de la machine.

Les travaux cités dans l'état de l'art peuvent être positionnés sur cette échelle. Obi peut être placé à gauche de l'échelle. De même pour le cas du cobot JACO [13]. En parallèle [11] et [10] se positionnent à droite avec une collaboration peer-to-peer.

Notre approche consiste à se positionner au milieu de l'échelle, couvrant les situations de contrôle supervisé et de contrôle avec collaboration. La majorité des systèmes conçus pour aider les personnes en situation de handicap physique tentent à accomplir des tâches entièrement à la place de l'humain, ce qui n'est pas le cas ni le but de nos travaux qui visent comme premier objectif de faire participer les utilisateurs et prendre en considération leurs besoins avec un système adaptable.

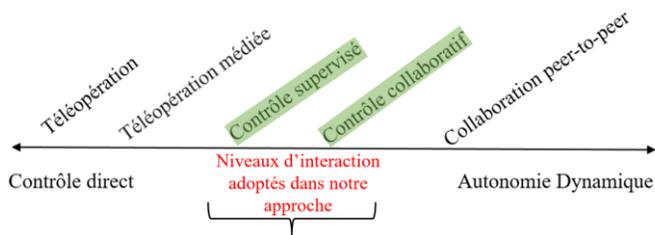


Figure 1. Niveaux d'autonomie dans une interaction humain-machine

III. METHODOLOGIE

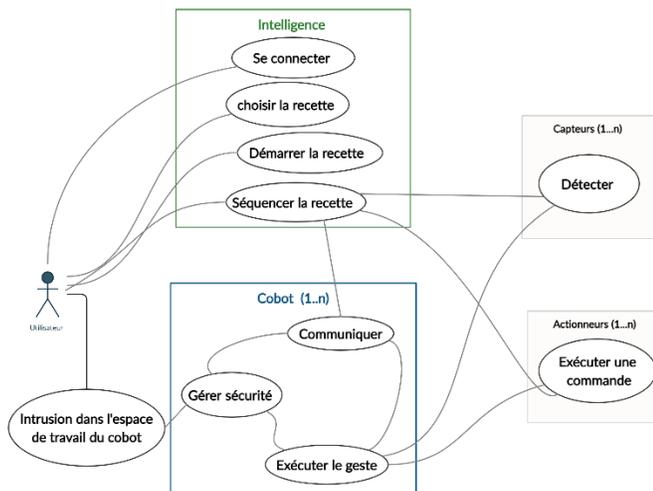


Figure 2. Diagramme des cas d'utilisation

Avant de concevoir le système et entreprendre à son identification, il faut fixer le modèle d'interaction. Quelques points sont à prendre en considération, notamment, fixer le niveau d'autonomie, structurer les différents niveaux du système, définir la nature de l'échange de l'information et structuration de la tâche. Enfin notre système se doit d'être adaptable à l'utilisateur. On souhaite définir un dispositif avec un certain niveau d'intelligence. C'est à dire un système doté de capacités d'adaptation et d'autonomie (réaction en cas de problèmes par exemple).

Pour mieux illustrer les interactions dans le système et comprendre les besoins de l'utilisateur nous avons établi un diagramme de cas d'utilisation (figure 2).

Le système dispose de deux sous-systèmes:

- Le premier est une intelligence qui permet à l'utilisateur de se connecter et de choisir sa recette. Ce niveau permet de gérer le geste, le séquencer et le communiquer au cobot.
- Le deuxième sous-système (cobot) reçoit les informations et les commandes du sous-système numéro 1. C'est à ce niveau que les gestes sont exécutés suivants les différents cas d'utilisation (en collaboration avec l'utilisateur ou en mode automatique par le cobot).

Ces deux systèmes sont communicants de manière bidirectionnelle. Le rôle des capteurs et actionneurs est celui de transmettre et de recevoir l'information des sous-systèmes. Ces informations peuvent être transmises au premier niveau par exemple pour informer le système de l'état de différents équipements de la cuisine. Ceci se fait avant la prise de décision sur le séquencement de la recette et sa communication au cobot. Les actionneurs peuvent être liés au cobot lui-même. Ils peuvent aussi appartenir à des équipements présents dans la cuisine (par exemple: un moteur pour l'ouverture automatique d'un tiroir). Notons un cas particulier où le système ne répond plus à cause de la présence d'une défaillance au niveau du cobot où des équipements restants, deux cas se présentent:

- 1er cas: problème de communication ou programme interrompu. L'utilisateur peut gérer cela à travers une requête pour l'arrêt immédiat du cobot (position d'arrêt).
- 2ème cas: problème technique au niveau matériel, Le cobot dispose d'un bouton d'arrêt d'urgence. La vitesse du mouvement est contrôlée aussi.

IV. DEFINITION DU SYSTEME

La (figure 3) représente le système à différents niveaux de commandes (un niveau décisionnel, et un niveau exécutif). Ce schéma représente le déroulement d'une requête de deux points de vue : un point de vue service (recette ou geste), et un point de vue architecture du système.

Le niveau décisionnel est la partie intelligente de la structure. Le choix s'est porté sur un système multi-agents. Il se compose de deux niveaux d'agents (agents haut niveau et agents bas niveau). La partie canal de communication gère le flux d'informations et fait le transfert de données entre le niveau décisionnel et le niveau exécutif (cobot). Des commandes sont envoyées sous forme de messages des deux côtés. Elles seront publiées dans un topic de communication. Chaque système peut souscrire pour récupérer ces informations.

Le niveau exécutif dirige l'exécution de la commande (recette ou geste) par le cobot. Il dispose de deux types d'interactions (interaction indirecte via le SMA et une interaction directe via l'espace de travail en cuisine).

Du point de vue service (recette séquencée ou geste). Le choix du geste et séquencement de la recette sont gérés au niveau décisionnel, à travers une interface. Ces informations seront transmises sous forme de commandes au niveau exécutif.

Ce dernier contient une bibliothèque de gestes de base en cuisine (section V).

Le séquencement de plusieurs gestes va constituer une recette. L'interaction et la gestion de la décomposition de la recette à ce niveau vont être gérées par une machine à état.

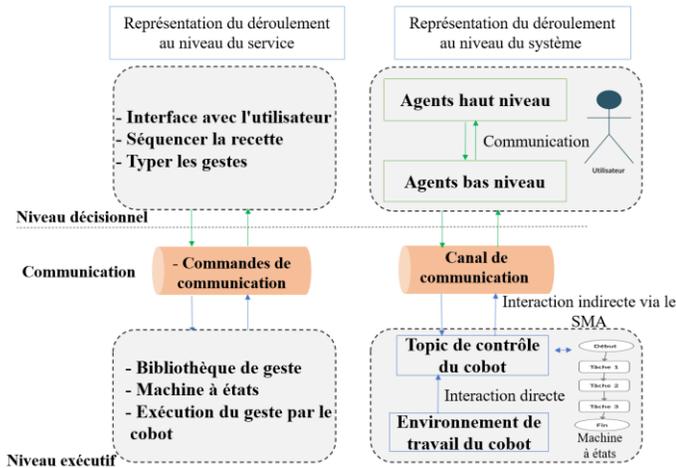


Figure 3. Représentation des différents niveaux du système

A. Niveau décisionnel

Le choix d'utiliser les systèmes multi-agents (SMA) pour le niveau décisionnel est justifié par les propriétés distribuées dont ils disposent. Dans les SMA, chaque agent possède un contrôle total sur son comportement. Pour résoudre un problème complexe, il est en effet parfois plus simple de concevoir des programmes relativement petits (les agents) en interaction, plutôt qu'un seul gros programme monolithique [24]. L'autonomie permet au système de s'adapter dynamiquement aux changements imprévus qui interviennent dans l'environnement. Les agents ont des propriétés internes et externes (architecture et comportement) [16]. Ceci nous permet de répondre à la problématique de l'adaptation du système à l'environnement et à l'utilisateur. Plusieurs règles de communication ont été mises en place pour traiter une requête au haut niveau (figure 4).

Deux groupes d'agents sont identifiés:

1) Agents haut niveau

Ils s'occupent de la prise de décision et commande de tout le système.

Agent utilisateur : l'intérêt d'inclure et de modéliser le profil utilisateur dans le système est de permettre une interaction adaptée entre l'humain et la machine. Cet agent va charger le profil utilisateur dès sa connexion au système. Il gère les requêtes et les préférences de la personne et donne aussi la main lors de la gestion du déroulement d'un scénario de préparation de repas prédéfinis.

Agent cobot : il communique directement avec l'agent bas niveau en charge du cobot (l'agent ROS). Il assure le transfert d'informations à l'agent système ainsi qu'aux autres entités. Lors d'une requête utilisateur, cet agent va vérifier, via l'agent ROS, si le cobot est prêt à l'emploi. La réponse reçue va définir le déroulement du scénario. Il permet, aussi, de récupérer des

données sur l'état des cobots en cas de problème lors de l'exécution ou bien à titre informatif uniquement.

Agent système : il assure la coordination entre les différents agents (transmettre les messages, répondre aux questions, traiter des données, prendre des décisions). Une fonctionnalité de sécurité est ajoutée pour, en cas de besoin, forcer l'arrêt immédiat du déroulement d'une commande.

Agent recette : c'est l'agent clé du système. Il définit les gestes de base qui composent une recette (bibliothèque de gestes section V) et transfère ces instructions à l'agent cobot. L'agent recette communique aussi avec l'agent système et procède à une vérification de l'état des équipements.

Des recettes déjà prédéfinies existent dans un catalogue. Si par exemple l'utilisateur ne trouve pas sa recette, une bibliothèque de gestes élémentaires en cuisine lui est proposée. Cet aspect sera développé dans la section V.

Agents équipements : un agent est attribué à chaque équipement dans l'environnement de la cuisine. Ces agents observent l'activité des équipements qu'ils représentent grâce aux informations reçues des agents capteurs présents. Ils servent aussi à transmettre l'état, analyser l'activité et communiquer avec les autres agents haut niveau, notamment l'agent système.

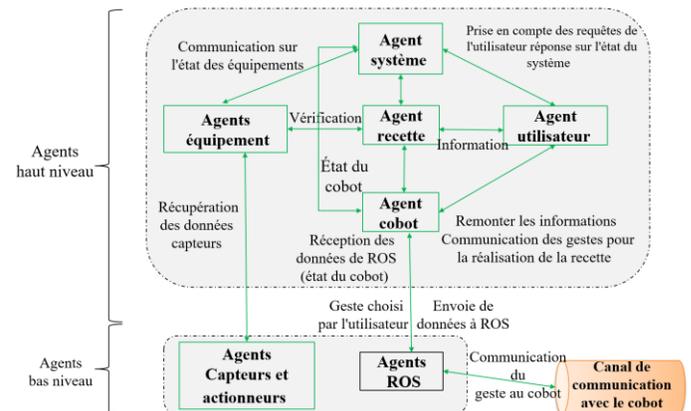


Figure 4. Schéma de communication des agents du niveau décisionnel

2) Agents bas niveau

Ils assurent le transfert de données d'un système à un autre.

L'agent ROS : il gère la communication des commandes directes entre le SMA et le système qui gère le cobot.

Les agents capteurs : ces agents transmettent l'état des capteurs aux agents haut niveau, notamment, l'agent équipement.

Ces différents agents ont pour but d'interagir et communiquer entre eux, pour garantir un bon fonctionnement et une prise de décision du système.

B. Niveau exécutif

C'est à ce niveau que la commande (recette ou geste) s'exécute. Nous proposons deux types d'interactions:

1) Interaction indirecte

Ceci concerne toute information provenant du SMA via le canal de communication (commande d'arrêt, transfert de séquences d'une recette, etc). La planification de la recette est gérée par une machine à état (une recette va être séquencée en une ensemble de gestes définis dans une bibliothèque).

L'interaction à ce niveau est dite indirecte car l'humain n'interagit pas de façon directe ou tactile avec le cobot. Cela se fait à travers le SMA, avec une interface par exemple.

2) Interaction directe

Comme le montre la (figure 5), le cobot dispose d'un espace de travail. L'utilisateur peut intervenir à n'importe quel moment et s'introduire dans cet environnement. En effet, si cela est fait d'une manière prédéfinie (informer le système), on parle de coopération entre le cobot et l'humain. Dans le cas où le système n'est pas prévenu de l'intrusion, cela impliquera un arrêt total du cobot (sécurité utilisateur). Le cobot se rétracte avec une position d'arrêt prédéfinie. Pour structurer l'interaction, il faut aborder la question de l'autonomie du système. L'autonomie peut se définir en fonction de la durée pendant laquelle un robot peut être laissé à lui-même. On parle alors de niveau haut d'autonomie (longue période), et un niveau réduit (système téléopéré). Cette notion d'autonomie est utile dans le cas où une interaction entre l'humain et le cobot est bénéfique. Le but est de conduire le système à des résultats satisfaisants d'exécution de tâches. L'interaction est gérée de différentes manières en s'appliquant sur le diagramme définie d'autonomie [1] (figure 1). Pour définir l'autonomie du système du point de vue d'interaction H-R, nous devons décrire avec quel degré l'humain et le cobot interagissent.

d'interaction flexible dans laquelle chaque agent (humain et robot) contribue de ce qu'il convient le mieux au moment le plus approprié » [15].

Notre choix consiste à avoir une interaction flexible (dynamique). Différents modes sont présents dans le système:

- Le premier mode est celui du contrôle supervisé (l'humain peut contrôler le cobot à travers le système multi-agent). Par exemple l'utilisateur choisit une recette du catalogue et l'envoi au système. Le cobot s'occupe de l'exécution sans l'intervention directe de l'humain.

- Dans le second mode, l'humain collabore directement avec le cobot (contrôle de la collaboration), pour exécuter une recette (séquence de gestes). Comme dans le premier cas il peut lui transmettre les commandes. Mais à un certain moment il peut intervenir directement pour aider le cobot par exemple. Les deux côtés (cobot et humain) ont une certaine autonomie et un pouvoir décisionnel, (en tenant compte des règles prédéfinies bien-sûr). Le cobot informe l'utilisateur de l'état d'exécution lors de la fin d'une tâche.

L'idéal est de s'approcher au maximum d'une interaction fluide entre l'humain et le robot pour accomplir une tâche en commun. Cela implique d'être vigilant quant à la sécurité (il ne faut pas qu'un geste du robot blesse l'humain), et il ne faut pas que le robot fasse tout, tout seul (objectif de renforcement de l'accession à l'autonomie de la personne handicapée). Le système proposé dans notre approche permet de répondre à plusieurs exigences notamment celle de l'adaptation par les système multi-agents. La problématique de la gestion des tâches complexes est gérée et structurée grâce aux machines à états. Les tâches sont décomposées en plusieurs sous tâches.

V. TESTS ET RESULTATS

Des tests unitaires sont exécutés séparément dans chaque niveau du système : d'abord, des tests sur des scénarios de communication entre les agents dans le SMA. Ensuite différents gestes et mouvements ont été simulés avec le cobot UR3 [18]. La dernière phase, est celle de la communication entre les deux niveaux (commande à partir du SMA). Des tests d'intégrations sont menés pour évaluer le comportement du système dans sa globalité. Pour ces tests, la position des objets et leur paramétrage sont préenregistrés. La captation et la découverte autonome de ces informations sera traité dans des travaux ultérieurs. Nous considérons que les ingrédients et les différents ustensiles de cuisine comme objets avec une position connue par le cobot. On prend l'exemple de la préparation d'une salade. Le séquençement des gestes qui vont intervenir dans cette préparation sont:

Prendre le bol de salade.

- Verser dans une assiette pour la présentation.
- Rendre : le bol à sa place.
- Prendre et Maintenir les tomates.

L'utilisateur peut intervenir pour couper ou bien c'est au cobot de s'en occuper. Le geste suivant est de déposer les tomates dans l'assiette, prendre la bouteille d'huile et verser l'huile, rendre la

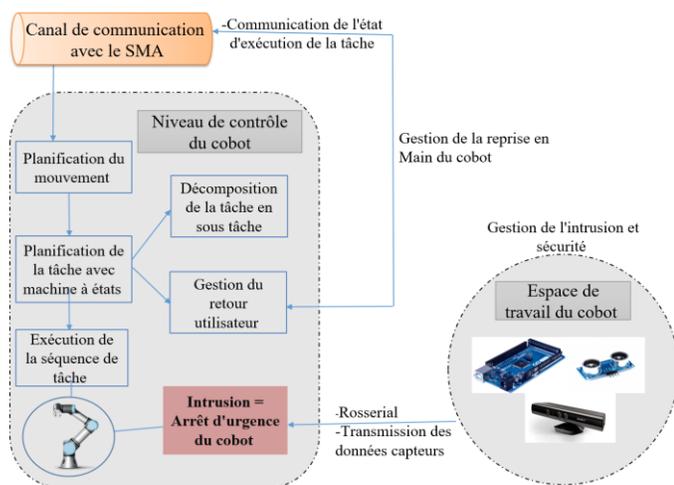


Figure 5. Interaction et exécution du service au niveau exécutif du système

La (figure 1) montre une échelle des différents degrés d'interaction HR, qui a été définie comme « une stratégie

bouteille à sa place. Enfin, mélanger le tout. Dans les sections qui vont suivre, nous allons définir le fonctionnement exact de chaque niveau. Nous allons terminer par le déroulement d'une requête utilisateur (scénario de préparation à travers les différents niveaux). Ceci sera illustré par un organigramme (figure 9).

A. Partie Système multi-agents (niveau décisionnel)

La plateforme utilisée pour modéliser le système multi-agents est la plateforme JADE [21] (Java Agent Development Framework), qui est un framework pour développer les plateformes multi-agents selon les spécifications FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) en langage Java. La communication entre les agents se fait en suivant la spécification FIPA ACL Message (ACL: Agent Communication Language).

L'implémentation des comportements des différents agents (haut niveau et bas niveau) se fait avec JADE. Les agents haut niveau ont des capacités hybrides (réactifs et cognitif avec des capacités de décision) dans leur comportement [16]. On s'intéresse à l'agent recette. Cet agent gère le séquençement des recettes. Il contient une bibliothèque de gestes. Les gestes élémentaires dans une cuisine sont regroupés dans cette bibliothèque. Ces gestes ont été définis en prenant en considération le profil de l'utilisateur [16]. Chaque geste va être traduit par la suite à un ensemble de mouvements effectués par le cobot. Ensuite, la composition de plusieurs de ces mouvements va permettre de construire une commande (recette). Nous nous intéressons à la préparation du repas. Aussi nous avons choisi de retenir les gestes suivants :

couper, atteindre des objets, râper, maintenir, tirer, prendre, appuyer, remuer, fouetter, verser, déplacer, secouer, rendre. Ces gestes seront typés au niveau du SMA et du cobot. À travers une requête dans le SMA, l'utilisateur a deux choix qui s'offrent à lui:

- La recette est déjà prête dans un catalogue prédéfini (séquençement de plusieurs gestes paramétrés). Ce catalogue est prêt à être enrichi, (figure 6).
- La recette n'est pas disponible dans le catalogue. Dans ce cas, l'utilisateur va accéder directement à la bibliothèque de gestes pour construire sa recette. Il va choisir successivement un ensemble de gestes déjà prédéfinis.

L'utilisateur se connecte au système et interagit à travers l'interface. Il choisit une recette présente dans le catalogue. Cette recette sera communiquée à l'agent système. Le rôle de cet agent est très important. Il gère les prises de décisions. Dès sa réception de la requête, il procède à la vérification de l'état du système à travers l'agent cobot et les agents équipements. Ces deux types d'agents communiquent directement avec les agents bas niveau. L'agent système traite l'information en prenant en considération les réponses reçues des différents agents. Si la décision est favorable, il transmet la requête à l'agent recette. Cet

agent sélectionne la recette ou le geste demandé par l'utilisateur. Les gestes à exécuter seront transmis à l'agent cobot puis à l'agent ROS. Ce dernier va publier la commande de geste dans le canal de communication correspondant. Enfin, l'information sera récupérée par le système du cobot qui va exécuter le geste demandé.

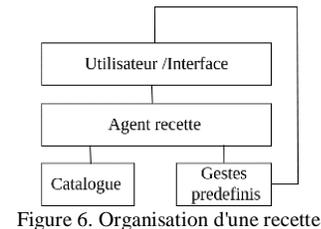


Figure 6. Organisation d'une recette

B. Partie exécution du geste

Les tests sont faits avec le cobot UR3 (bras manipulateur) (figure 7). Les positions des gestes sont récupérées directement du cobot. Les contrôles et la planification de mouvement, sont réalisés avec ROS (Robot Operating System) [22] et Moveit [20]. Des tests de simulation avec Gazebo [19] sont fait pour valider le modèle et les trajectoires des gestes.



Figure 7. UR3 effectuant des gestes sur un plan de travail (prendre un aliment)

1) Interaction avec l'utilisateur via le SMA (indirecte)

Le cobot reçoit la requête du SMA via l'agent ROS. Après vérification de l'état du cobot, ce dernier enchaîne l'exécution des séquences de la recette. L'utilisateur peut interagir lors de l'exécution à travers le SMA.

2) Interaction directe avec l'utilisateur

L'interaction se manifeste par l'intrusion de l'utilisateur dans l'espace de travail du cobot. Le cas où le cobot n'est pas mis en courant de cette intrusion pour coopération. Il rejoint une position d'arrêt prédéfinie. Cette position est une position sécuritaire. L'utilisateur peut, alors, prendre en main l'exécution du reste de la recette. Des capteurs et actionneurs sont déposés aux limites de l'espace de travail du cobot. La gestion de l'information va se faire à travers une Arduino. Le mode retenu est celui où le cobot recevra l'information de l'état d'exécution de la tâche par l'utilisateur. La reprise de la tâche va se faire en fonction du niveau où l'utilisateur (via des données d'entrée (figure 9)) s'est arrêté, et le bras continue le séquençement des étapes de la recette où elle s'est arrêtée. La recette au bas niveau est séquençée en machine à état. L'outil utilisé pour décomposer

les gestes est SMACH [17]. Une recette est constituée de plusieurs gestes. La (figure 9) illustre ces deux scénarios.

C. Interaction ROS-JADE

Des agents JADE bas niveaux dédiés aux robots utilisent le middleware de communication ROS.

L'interface s'effectue au moyen d'un topic ROS dédié à recevoir les messages dans les deux sens (figure 8).

- Sens 1, du SMA au cobot: le SMA transfère les gestes typés en forme de messages. Ils seront publiés sur un topic ROS. Le cobot souscrit à ce topic et reçoit les informations transmises par messages. Ces informations sont en effet les commandes qui gèrent à définir un geste donné (trajectoire à effectuer par le cobot).
- Sens 2, du cobot au SMA : le cobot (sous ROS) communique son état, cette fois dans le but d'informer l'utilisateur de l'état d'exécution d'une tâche. Par exemple, lors de l'arrêt du cobot, il publie dans un Topic. Le SMA récupère ce message et le transfère à l'utilisateur pour l'informer de l'état de la tâche.



Figure 8. Schéma synoptique du tunnel de communication SMA-ROS

D. Exemple de scénario de requête

L'organigramme (figure 9) illustre le déroulement d'un scénario de préparation : en vert, la partie dont le SMA intervient. En bleu la partie cobot. Le scénario débute lorsque l'utilisateur lance une requête pour l'exécution d'un geste. Cette requête est transférée au cobot.

Deux cas se présentent :

- Cas 1: le cobot refuse la requête ; présence de problème. Dans ce cas le cobot publie sa réponse sur le topic et l'agent ROS la transfère par le biais de l'agent cobot à l'agent système. Ce dernier informe l'utilisateur.
- Cas 2: Le cobot accepte car il est libre et n'a aucune contrainte. Dans ce cas l'utilisateur est informé par le même canal que précédemment de la décision du cobot.

Ensuite le cobot se met en marche (prêt à l'emploi). À ce niveau, un geste complexe va être séquencé en machine à états via Smach. À chaque fin d'exécution de geste, l'utilisateur est mis au courant à travers les informations transmises par le cobot au SMA. Ce scénario peut se répéter plusieurs fois et la combinaison de plusieurs gestes génère différentes recettes.

Un encodage des gestes a été implémenté dans le SMA, et des requêtes ont été faites à travers des agents. Nous avons pu

exécuter une recette et lancer la requête à travers le SMA et exécuter ces gestes au niveau du cobot (les gestes sont implémentés au niveau du cobot comme des trajectoires à exécuter). L'interaction entre le cobot et l'humain est gérée de deux manières (comme expliqué ci-dessus). La (figure 10) illustre comment un agent ROS (après requête) publie sur le topic. Le message sera récupéré par le cobot sous ROS et le geste s'exécute selon le scénario demandé.

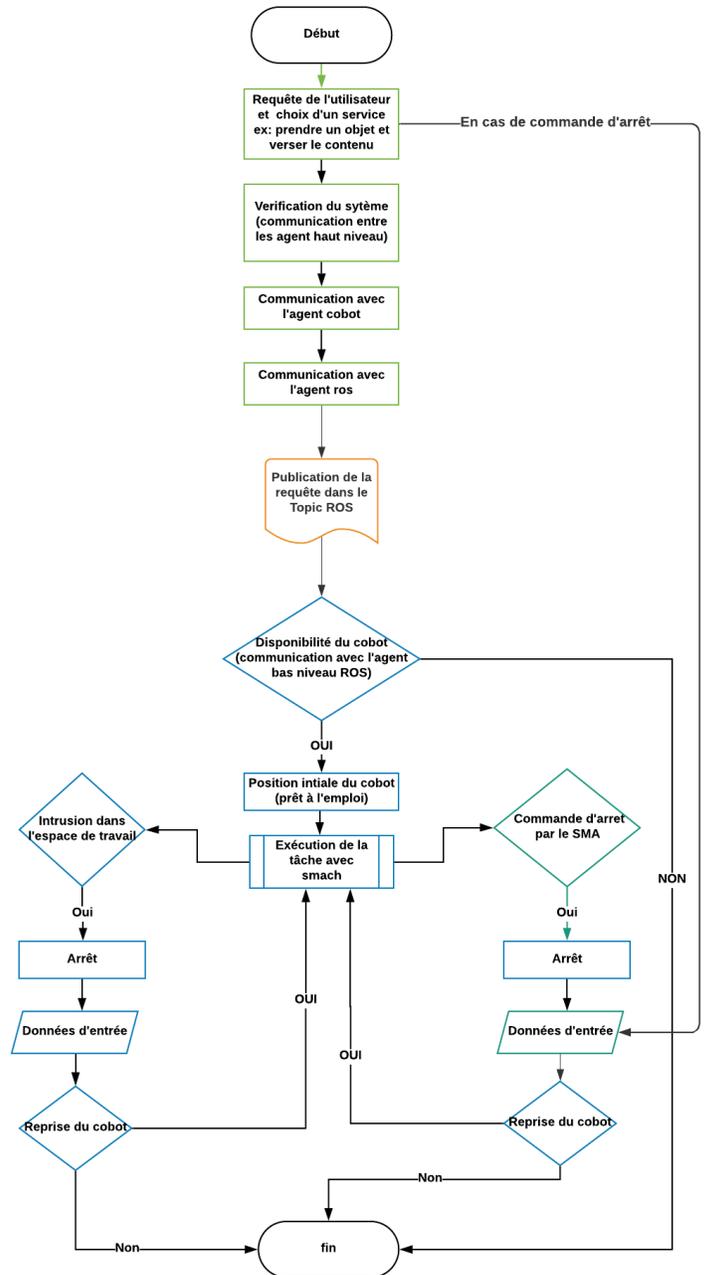


Figure 9. Organigramme

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Une modélisation d'interactions humain-robot a été proposée dans cet article. Le but est de permettre aux personnes en situation de handicap physique de participer aux tâches du quotidien à domicile (cuisine) pour augmenter leur autonomie. Plusieurs problématiques ont été abordées (interaction, collaboration, etc.), avec des approches de résolution. L'architecture à deux niveaux permet de gérer le système de manière plus fluide et adaptable (SMA). Il s'agit, notamment, de la gestion de l'autonomie du système et la décomposition des tâches pour une meilleure interaction avec l'utilisateur. Les expérimentations nous ont permis de valider l'architecture du système. D'autres tests vont être effectués (ajout de gestes et de scénarios avec d'autres cobots). En perspective, nous estimons qu'une automatisation de la structuration des recettes apportera une plus grande autonomie et flexibilité au système. Ceci facilitera l'utilisation du système par l'utilisateur. Cela peut se faire par le biais de traitement de texte des gestes prédéfinis et typés de la bibliothèque.

Une autre approche, est celle d'un apprentissage par l'utilisation d'algorithme de récompenses, pour élaborer une recette à partir d'un ensemble de gestes (le séquençage des recettes se fait par ces algorithmes directement).

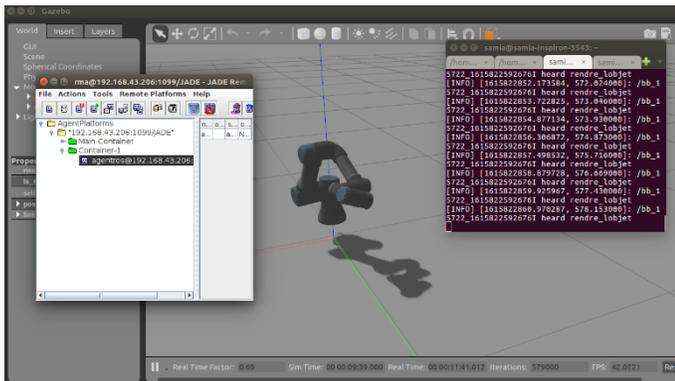


Figure 10. Simulation d'une requête (rendre un objet) à travers un agent dans JADE et exécution du geste dans l'environnement Gazebo avec l'UR3.

REFERENCES

- [1] M. A. Goodrich and A. C. Schultz, "Human–Robot Interaction: A Survey", Foundations and Trends in HCI, 2007.
- [2] S. Ivanov, C. Webster, and K. Berezina, "Robotics in Tourism and Hospitality", 19 August 2020.
- [3] C. Cadell At Alibaba's futuristic hotel, "At Alibaba's futuristic hotel, robots deliver towels and mix cocktails", from: <https://www.reuters.com/article/us-alibaba-hotels-robots/at-alibabas-futuristic-hotel-robots-deliver-towels-and-mix-cocktails-idUSKCN1PG21W> [en ligne]: 22 Jan 2019.
- [4] K. Berezina, O. Ciftci, C. Cobanoglu, "Robots, Artificial Intelligence, and Service Automation in Restaurant", in Robots, Artificial Intelligence, and Service Automation in Travel, Tourism and Hospitality, 14 October 2019.
- [5] T. Hornyak, "Meet the robots that may be coming to an airport near you", from: <https://www.cnn.com/2020/01/10/meet-the-robots-that-may-be-coming-to-an-airport-near-you.html>, [en ligne]: 4 Feb 2020.
- [6] R. Gehle, K. Pitsch, T. Dankert, S. Wrede, "How to Open an Interaction Between Robot and Museum Visitor? Strategies to Establish a Focused Encounter in HRI", HRI, Vienna Austria, 17 Mars 2017.
- [7] J. Xiao, P. Wang, H. Lu, "A three-dimensional mapping and virtual reality-based human–robot interaction for collaborative space exploration", IJARS, Mai-Juin 2020.
- [8] R. Roberson Murphy, "Human–Robot Interaction in Rescue Robotics," IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, VOL. 34, NO. 2, MAY 2004.
- [9] SG Lakhmani, JL Wright, JYC Chen, "Transparent interaction and human-robot collaboration for military operations", Living with Robots, 2020.
- [10] Bob R. Schadenberg, "Predictability in Human-Robot Interactions for Autistic Children," ACM/IEEE (HRI), 2019.
- [11] K. Hayashi, D. Sakamoto, T Kanda, M. Shiomi, S. Koizumi, H. Ishiguro, T. Ogasawara, N. Hagita, "Humanoid Robots as a Passive-Social Medium – A Field Experiment at a Train Station –", HRI 2007.
- [12] S. Šabanović, CC. Bennett, WL. Chang, L. Huber, "PARO robot affects diverse interaction modalities in group sensory therapy for older adults with dementia", ICORR, 2013.
- [13] Maheu, P. S. Archambault, J. Frappier, and F. Routhier, "Evaluation of the JACO robotic arm Clinico-economic study for powered wheelchair users with upper-extremity disabilities," ICORR, 2011
- [14] Obi, [En ligne]: <https://meetobi.com/>, 25/10/2019.
- [15] M. A. Hearst, "Mixed-initiative interaction: Trends and interventions," IEEE Intelligent Systems, pp. 14–23, 1999.
- [16] S. Benferhat, F. De Lamotte, C. Lohr, JL. Philippe, "Modélisation d'interactions avec un Cobot dans un contexte d'assistance à la personne", Handicap 2020, 11e conférence de l'IFRATH sur les technologies d'assistance, Paris, 4-6 novembre 2020.
- [17] Smach, [En ligne]: <http://wiki.ros.org/smach>, "consulté le 10/03/2018".
- [18] Universal Robots, "User manual," UR3/CB3, Version 3.1, 2015.
- [19] Gazebo, [En ligne]: http://wiki.ros.org/gazebo_ros_pkgs, "consulté le 14/06/2018".
- [20] Moveit, [En ligne]: <http://wiki.ros.org/moveit>, "consulté le 26/08/2016".
- [21] F. Bellifemine, A. Poggi, G. Rimassa, "Developing Multi-agent Systems with JADE", dans: Castelfranchi C., Lespérance Y. (eds) Intelligent Agents VII Agent Theories Architectures and Languages. ATAL 2000.
- [22] ROS, [En ligne]: <https://www.ros.org/about-ros/>, "consulté le 12/11/2013".
- [23] S. Pinard, C. Bottari, C. Laliberté, H. Pigot, M. Olivares, M. Couture, S. Giroux, N. Bier, "Design and usability evaluation of COOK, an assistive technology for meal preparation for persons with severe TBI", Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 19 Dec 2019.
- [24] Systèmes multi-agents [En ligne] : wiki/Système_multiagents#:~:text=Pour%20résoudre%20un%20problème%20complexe,qui%20interviennent%20dans%20l'environnement. "consulté le 7 avril 2021" wikipedia.org/