

## HR+

### “Pour une interaction Homme-Robot Autonome”

Rachid Alami, LAAS/CNRS,  
*Rachid.Alami@laas.fr*

Gérard Bailly, ICP/INPG  
*bailly@icp.inpg.fr*

James L. Crowley, GRAVIR/INPG  
*James.Crowley@inrialpes.fr*

#### Résumé

*Le projet HR+ a pour point de mire “robot personnel”. Cette perspective pose notamment le problème essentiel de l’interaction et de la relation de l’homme au robot et ceci non seulement pour faciliter l’usage du robot et faire un pas vers l’utilisation effective de telles machines par des personnes non expertes. mais aussi pour permettre de réaliser des actions que la machine ne pourrait réaliser seule par manque d’information, par mesure de sécurité, par limitation de ses capacités aussi bien perceptuelles que décisionnelles, et enfin parce que le succès ou même le but de l’action dépend également du comportement ou de la volonté de personnes présentes dans l’environnement. Nous présentons ci-dessous un état de l’avancement des travaux ainsi que quelques résultats obtenus récemment.*

#### 1 Introduction

L’interaction homme-robot est vue ici comme une interaction avec une machine physique dans un environnement réel perçu par les capteurs de la machine. Un aspect également important porte sur le fait que la machine en question (le robot) se trouve dans des situations dans lesquelles elle partage l’espace avec l’homme. La machine perçoit l’homme, décide en interaction avec l’homme et produit des signaux intelligibles par l’homme.

L’homme, dans le contexte de ce projet, est aussi bien le programmeur du robot, le programmeur de l’application ou tuteur, l’utilisateur ou le client du service fourni par le robot, ou simplement un usager de l’environnement ou de ressources communes. Chacun de ces r les se traduit par une mise en situation différente de l’homme et du robot, par des capacités différentes du robot et des compétences et des besoins différents de la part de l’homme.

Dans le cadre de ce projet, nous nous limitons à un contexte de robot mobile dans un lieu (public ou domestique) peuplé d’humains et réalisant des tâches ou fournissant des services pour lesquels le déplacement est l’action de base pré-

pond rante. Nous nous attachons, à la fois, à construire les primitives fonctionnelles et à leur utilisation pour réaliser tâches en environnement humain.

Nous présentons ci-dessous un état de l’avancement des travaux : la planification de mouvements en prise en compte explicite de l’homme, les primitives visuelles, la communication “face à face”, la supervision et l’intégration. Nous concluons par la présentation du robot, issu de HR+, qui sera déployé à la Cité de l’Espace.

#### 2 Planification de mouvements en prise en compte explicite de l’homme

Les aspects traités ici concernent spécifiquement les problèmes et difficultés posés (au robot) par la présence d’hommes alentour :

- Mouvements réactifs de contournement, croisement, franchissement d’un passage étroit.
- Elaboration de techniques de planification et d’exécution de trajectoires au voisinage proche d’êtres humains

Nous avons avancé sur ces deux aspects.

##### 2.1 Planification de trajectoire pour robot mobile en environnement dynamique

Nous avons développé un planificateur de trajectoire pour robot mobile en environnement dynamique. Ce dernier prend en compte, en plus des contraintes géométriques et cinématiques habituelles, un ensemble de paramètres relatifs à la dynamique de l’environnement (vitesse des obstacles potentiels) et du robot (vitesse maxi, accélération et décélération maximales) ainsi qu’aux capacités du capteur de proximité (portée). Il produit un chemin et un profil de vitesse maximale le long du chemin qui garantit que le robot pourra s’arrêter sans collision, en cas de détection d’un obstacle mobile ( ventuellement occulté par les obstacles fixes de l’environnement). Une fois la trajectoire calculée,

une procédure itérative permet de l'adapter au fur et à mesure [12].



FIG. 1 – Le robot Diligent : un Nomad XR4000

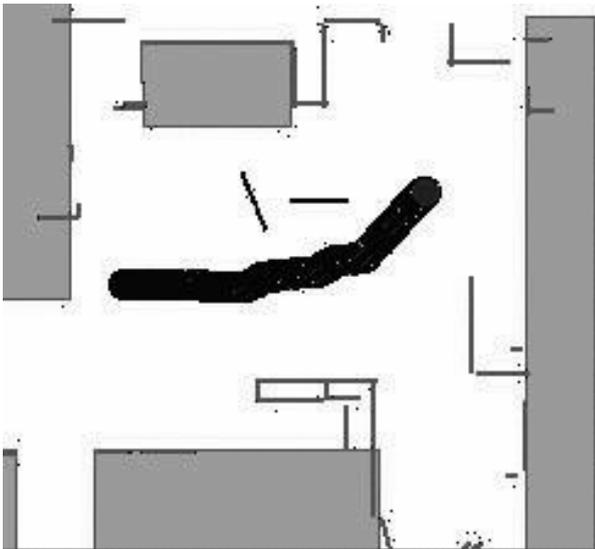


FIG. 2 – Trajectoire planifiée puis modifiée en ligne après perception d'obstacles inconnus

## 2.2 Planification de mouvement en interaction avec l'homme

Cette étude, encore embryonnaire, se propose de prendre en compte divers paramètres pour planifier des mouvements dans le voisinage immédiat de l'homme. On pourrait ainsi, planifier un placement par rapport à un homme pour (r)établir une session interactive ou une trajectoire pour tendre un objet à l'homme, etc.

Un tel planificateur doit pouvoir prendre en compte un modèle cinématique et fonctionnel de l'homme ainsi que de ses capacités perceptives (figure 4). D'autres critères pourraient être pris en compte tels que la sécurité ou le confort de l'homme (mouvements non intrusifs, aussi explicites

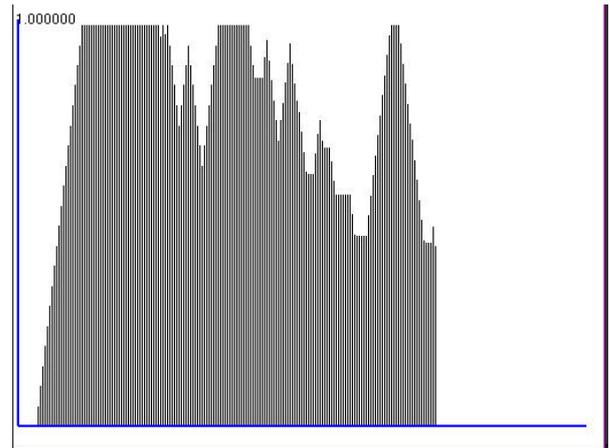


FIG. 3 – Profil de vitesse adapté à la nouvelle trajectoire

que possible).

Cette a donné lieu à un premier stage ([2]). Outre une première ébauche d'une formulation du problème, ce travail a donné lieu au développement d'un modèle géométrique inverse pour la planification des mouvements du bras de l'homme (figure 5. Ce travail est actuellement poursuivi en thèse (Nicolas Fortune au LAAS).



FIG. 4 – Exemple de tâche nécessitant une planification avec prise en compte explicite de l'homme

## 3 Elaboration de primitives visuelles

De nombreux travaux en perception (vision) ont été conduits et ont donné lieu à des implémentations. Ceci concerne aussi bien la localisation d'un robot mobile sur amers visuels que la perception (détection et poursuite) de personnes et d'objets dans le voisinage du robot.

Le LAAS a poursuivi ses travaux sur la navigation de ro-

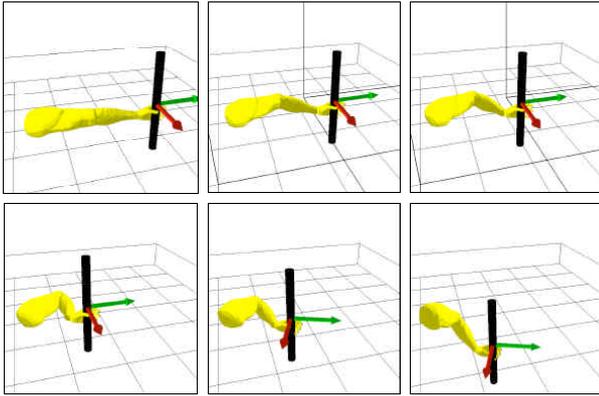


FIG. 5 – Un modèle géométrique inverse pour des mouvements réalistes du bras de l'homme

bot mobile fondée sur l'utilisation d'une seule caméra vidéo, en se localisant sur des objets saillants de l'environnement perçu, ou amers. Ainsi, un module de localisation [9, 10] sur amers quadrangulaires plans, a été intégré parmi d'autres fonctionnalités sensorimotrices au robot Diligent. PRIMA a développé une nouvelle méthode de tracking [7, 8] et d'identification qui permet de répondre à des problèmes difficiles tel la reprise après occlusion et la correspondance d'identité de l'objet "tracké" par des caméras indépendantes. Ceci est réalisé grâce à la combinaison d'un module de tracking rapide et d'un module de vérification d'identité qui maintient une identité basée sur des mesures d'apparence. Le système est complètement implémenté et donne de bons résultats. La figure 6 présente l'architecture du système.

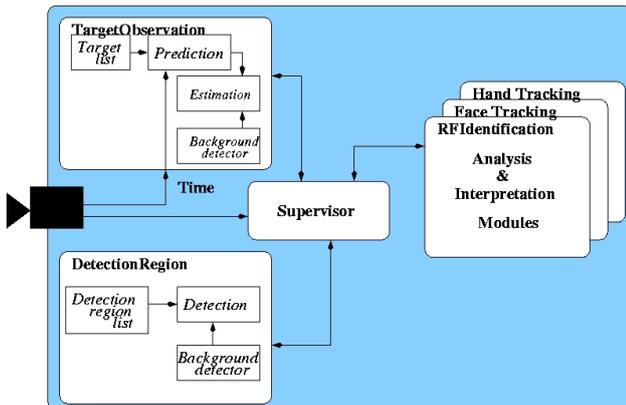


FIG. 6 – Architecture du système de tracking sur fond fixe

Les système de suivi (figure 7) de visage et de détection du regard (figure 8) sont aujourd'hui opérationnels [5, 4].

#### 4 Synthèse de discours et interaction "face à face"

L'ICP a développé et intégré un système de suivi de locuteur (par vision et localisation acoustique) pour amener

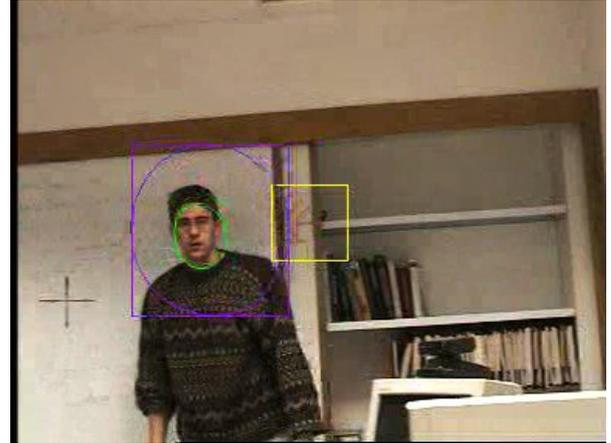


FIG. 7 – Suivi de visage (PRIMA)

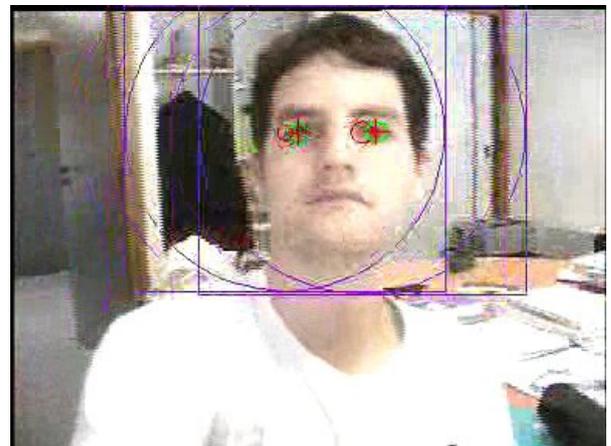


FIG. 8 – Détection et suivi du regard (PRIMA)

un locuteur virtuel sur un écran monté sur une tourelle en situation de communication face-à-face... les yeux dans les yeux quelque soit les mouvements du locuteur (figures 9,10,11). Dans l'implémentation actuelle [16, 11], le clone interpelle le sujet dès que celui-ci est localisé pendant plus de 30s.

#### 5 Supervision et intégration

Nos travaux sur la supervision du robot ont conduit à un une approche et un système, appelé Robel, qui permet de spécifier et de construire un système de supervision pour un robot. Ce système apprend par l'expérience à réaliser de façon robuste une tâche telle que "aller à". Le concepteur spécifie une collection de HTN (Hierarchical Tasks Networks) représentant des plans de tâche, appelés modalités, dont les primitives sont des fonctions sensori-motrices. Chaque modalité est une façon possible de combiner entre elles ces fonctions pour réaliser la tâche désirée. La relation entre états de supervision et la modalité appropriée pour la réalisation de la tâche est apprise par l'expérience comme un MDP (Markov Decision Process) qui fournit une politique générale pour la tâche. Ce MDP est indépendant de



FIG. 9 – Système de suivi de locuteur (ICP)

l'environnement ; il caractérise les capacités du robot pour la tâche[13, 14].

Ces travaux seront poursuivis et étendus notamment dans le cadre de la thèse de Aurélie Clodic (au LAAS) portant notamment sur le développement d'un superviseur intégrant un raisonnement probabiliste tant au niveau de l'affinement et du contrôle d'exécution de tâches robotiques qu'à celui de l'interaction avec l'homme.

Par ailleurs, nous avons avancé dans le développement et l'intégration de plusieurs modules fonctionnels :

- intégration au sein de l'architecture LAAS du logiciel de synthèse de parole de l'ICP
- l'intégration au sein de l'architecture LAAS d'une première version de clone parlant est en cours
- Développement d'une nouvelle interface de contrôle pour les robots mobiles du LAAS : cette interface permet aussi bien l'opération distante (WEB) que l'interaction au moyen d'un écran tactile [15, 6].

## 6 Un robot à la Cité de l'Espace

Nous avons également entrepris le développement d'un robot mobile autonome interactif, basé sur les contributions de HR+, qui sera mis en oeuvre dans le cadre d'une exposition de longue durée à la Cité de l'Espace de Toulouse : l'exposition "Mission Biospace".

Le robot sera mis à la disposition des visiteurs, sans intermédiaire. Il assurera des fonctions de guide d'exposition. De plus, une étude de terrain multidisciplinaire

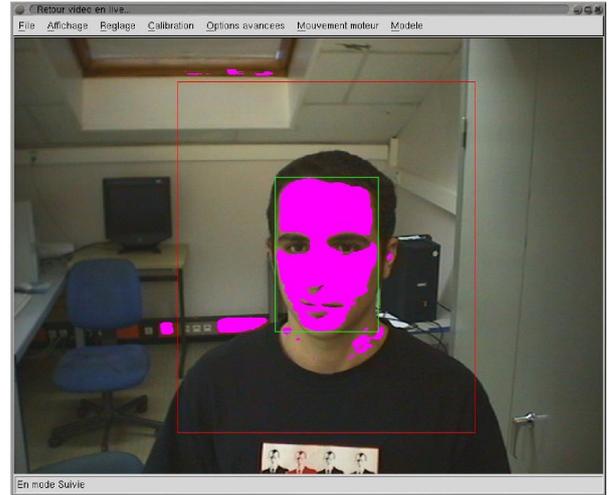


FIG. 10 – Détection de visage (ICP)



FIG. 11 – Suivi et visualisation du clone (ICP)

sera conduite sur une thématique liée à l'usage d'un artefact sophistiqué, un robot mobile autonome et à l'interaction homme-robot. Cette étude sera menée conjointement avec le Laboratoire Travail et Cognition (<http://www.univ-tlse2.fr/ltc/ltc2/ltc.htm>) de l'Université Toulouse Mirail (Equipe de Claude Navarro).

Le robot circulera librement dans le lieu de l'exposition au milieu du public. Il disposera d'une grande autonomie au niveau de ses capacités de déplacement. En effet, il sera capable de se localiser dans les lieux, de planifier et d'exécuter des trajectoires sans collision même en la présence du public.

L'homme (le visiteur) pourra influencer sur le comportement du robot en lui donnant des ordres. De plus, le robot sera doté de moyens lui permettant de délivrer des informations sur l'exposition mais également sur son fonctionnement qu'il sera capable d'expliquer et d'illustrer.

Les échanges entre l'homme et le robot pourront être effectués selon diverses modalités et à travers différents canaux : écran tactile, synthèse vocale, réalité augmentée,

animation graphique (ex : clones parlants). Les fonctions du robot évolueront au cours du projet, permettant notamment l'intégration de fonctions de détection et de suivi de personnes. Le robot aurait alors la possibilité d'interpeller des visiteurs dans certaines conditions qu'il s'agira de déterminer.

Une première version du robot sera installée au cours de l'année 2004.



FIG. 12 – Le robot destiné à l'exposition

**Contributeurs (par ordre alphabétique) :** R. Alami, G. Bailly, J. Bargallo, A. Caparossi, R. Chatila, A. Clodic, J. Crowley, F. Elisei, S. Fleury, E. Gravot, D. Hall, V. Hallard, J.B. Hayet, M. Herrb, C. Izoard, M. Krishna, F. Lerasle, B. Morisset, E. Queffelec, O. Riff, C. Renou, T. Simeon

## Références

- [1] R. Alami, "Diligent : Towards a Personal Robot", *Workshop on Robots in Exhibitions*, IROS 2002, Lausanne.
- [2] J. Bargallo, "Planification de mouvement en présence de l'homme", Mémoire de fin d'étude, ENAC, Juillet 2003.
- [3] R.Chatila, R.Alami, T.Simeon, J.Pettre, L.Jaillet, Safe, reliable and friendly interaction between humans and humanoids *3rd IARP International Workshop on Humanoid and Human Friendly Robotics*, Tsukuba (Japon), 11-12 Décembre 2002, pp.83-87
- [4] James L. Crowley and Patrick Reignier, An Architecture for Context Aware Observation of Human Activity Workshop on Computer Vision System Control Architectures (VSCA 2003), 2003
- [5] J. L. Crowley, J. Coutaz, G. Rey and P. Reignier, Perceptual Components for Context Aware Computing UBICOMP 2002 - International Conference on Ubiquitous Computing, 2002
- [6] E. Gravot, Conception d'une interface de contrôle pour robot autonome, Mémoire IMAG, octobre 2003
- [7] D. Hall, James L. Crowley, Détection du visage par caractéristiques génériques calculées à partir des images de luminance, *Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA)*, 2004
- [8] D. Hall, A. Caparossi, Agent tracking and identification in video sequences, submitted, 2004
- [9] J.B.Hayet, F.Lerasle, M.Devy Visual landmarks detection and recognition for mobile robot navigation, *2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'2003)*, Madison (USA), 18-20 Juin 2003, Vol.II, pp.313-318
- [10] J.B.Hayet, Contribution à la navigation d'un robot mobile sur amers visuels texturés dans un environnement structuré Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 29 Janvier 2003,
- [11] C. Izoard Mise en place d'un système de réalité partagée, Capture et traitement d'image, Mémoire ingénieur ENSIMAG-ENSERG, septembre 2003
- [12] K. Madhava Krishna, R. Alami, T. Simeon, "Moving Safely but not slowly - Reactively adapting paths for better trajectory times", *ICAR 2003*, Coimbra, Juin 2003.
- [13] B.Morisset, Vers un robot au comportement robuste. Apprendre à combiner des modalités sensori-motrices complémentaires, Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 28 Novembre 2002, 158p.,
- [14] B.Morisset, M.GHALLAB Learning how to combine sensory-motor modalities for a robust behavior, *Advances in Plan-Based Control of Robotic Agents*, Lecture Notes in Artificial Intelligence 2466, Springer, Eds M.Beetz, J.Hertzberg, M.Ghallab, M.E.Pollack, N;ISBN 3-540-00168-9, 2002, pp.157-178
- [15] E. Queffelec, Définition d'une interface pour robot interactif, Mémoire de fin d'étude ENSEEIHT, juin 2003
- [16] C. Renou, Intégration d'un système de réalité partagée Mémoire ingénieur ENSIMAG-ENSERG, septembre 2003.