



**HAL**  
open science

# Application de la robotique humanoïde au traitement de la douleur

Estelle Bretagne, David Durand, Jeremy da Fonseca, Eric Serra

## ► To cite this version:

Estelle Bretagne, David Durand, Jeremy da Fonseca, Eric Serra. Application de la robotique humanoïde au traitement de la douleur. 10ème conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers, GISEH2020, Oct 2020, Valenciennes, France. hal-02493107

**HAL Id: hal-02493107**

**<https://hal.science/hal-02493107v1>**

Submitted on 15 Apr 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.

# Application de la robotique humanoïde au traitement de la douleur

Bretagne Estelle<sup>1</sup>, Durand David<sup>1</sup>, Fonséca Jérémy<sup>2</sup>, Serra Eric<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> Laboratoire Modélisation, Information et Systèmes, Université de Picardie Jules Verne, 33 rue Saint Leu - 80039 Amiens Cedex 1 - France , +33 3 22 82 59 05 , [estelle.bretagne@u-picardie.fr](mailto:estelle.bretagne@u-picardie.fr) et [david.durand@u-picardie.fr](mailto:david.durand@u-picardie.fr)
- <sup>2</sup> Laboratoire PSITEC (EA 4072), Université de Lille et Consultations de Psychiatrie et de Psychologie Médicale, CHU Amiens-Picardie, [jeremy.fonsecadasneves@gmail.com](mailto:jeremy.fonsecadasneves@gmail.com)
- <sup>3</sup> Laboratoire PSITEC (EA 4072), Université de Lille, Centre d'Étude et de Traitement de la Douleur (CETD) au CHU Amiens, 03.22.66.88.20, [serra.eric@chu-amiens.fr](mailto:serra.eric@chu-amiens.fr)

**Résumé.** Comment, à l'ère du numérique, un robot humanoïde peut-il aider à améliorer la qualité de vie des citoyens douloureux ? En apportant de l'information au patient, en permettant une évaluation et un suivi de la douleur, en proposant des réponses thérapeutiques non médicamenteuses adaptées sélectionnées au préalable par le patient et son médecin. Ces actions sont favorisées par l'aspect humanoïde du robot. L'objet de notre recherche collaborative (robotique/médecine) est d'étudier la collaboration, entre l'homme et le robot, en améliorant l'évaluation de l'expérience douloureuse par le robot grâce à ses différents capteurs.

**Mots clés:** robotique humanoïde, douleur chronique, robotique, médecine.

## Introduction

Tout individu est confronté à la douleur au cours de sa vie. Expérience personnelle éprouvante, désagréable, c'est une préoccupation individuelle, existentielle, sanitaire, collective, prioritaire. D'après la Haute Autorité de Santé (30 janvier 2009, communiqué de presse), la chronicisation de la douleur, c'est-à-dire lorsqu'elle dure plus de trois mois, concerne 30% de la population. Elle est plus fréquente chez la femme que chez l'homme et augmente avec l'âge, surtout au-delà de 65 ans. La reconnaissance multi-modale est un enjeu d'évaluation de la douleur au quotidien, certes dans les structures de soins avec la douleur aiguë omniprésente, mais encore plus et dès à présent en ambulatoire, pour tous les citoyens français et européens concernés, via les outils informatiques.

Une collaboration transverse entre le laboratoire Modélisation, Information et Systèmes (MIS, Université de Picardie Jules Verne) et le Centre d'Étude et de Traitement de la Douleur (CETD) du CHU Amiens Picardie (financement Amiens Métropole en 2017) a commencé avec le robot humanoïde Pepper de la plateforme universitaire Matrics (UPJV). Le CETD est un service qui reçoit les patients douloureux chroniques, adressés par un médecin, pour une évaluation pluridimensionnelle et une orientation ou un suivi thérapeutique plurimodal(e) et interdisciplinaire.

Comment, à l'ère du numérique, un robot humanoïde peut-il aider à améliorer la qualité de vie des citoyens douloureux ? En apportant de l'information au patient, en permettant une évaluation et un suivi de la douleur, en proposant des solutions non médicamenteuses adaptées (musique, méditation, activités physiques, jeux détournant l'attention). De nombreuses études détaillent les applications robotiques dans le domaine de la santé [Andrade *et al.*, 2014 ; Bhattarai et Philips, 2017 ; Dahl et Boulos, 2014 ; Keogh *et al.*, 2010 ; McGeary et Gatchel, 2012 ; Rosser et Eccleston, 2011].

Quel est l'avantage d'un robot humanoïde sur l'ordinateur ? A l'exemple du robot Pepper, il s'agit d'un outil interactif et d'un compagnon synthétique pour la personne en difficulté. Dans un premier temps, nous

proposons quelques éléments sur le choix d'un robot humanoïde par rapport à d'autres technologies. Puis nous étudions l'interaction, dès à présent possible, entre l'humain et le robot, en améliorant l'évaluation de l'expérience douloureuse par le robot Pepper. Cela passe par l'évaluation d'un état douloureux et des propositions thérapeutiques : suivi de capteur (cardiofréquencemètre par exemple), séance de méditation dictée par le robot, questionnaires sur l'évaluation de la douleur et utilisation d'un accéléromètre pour éviter les stations statiques prolongées.

## 1 Le choix d'un robot humanoïde

Une des questions qui se pose dans la triade « médecin-patient-robot » est l'apport d'un robot humanoïde par rapport à d'autres technologies telles qu'une application sur tablette, sur téléphone, une montre connectée ou bien un assistant uniquement vocal. D'autant plus que le problème du coût reste central pour les robots de soin [Blackman, 2013]. Par exemple d'après Grekin *et al.* [Grekin *et al.*, 2019] on compte pas moins de 100 000 applications pour téléphones ou tablettes dédiées à la santé. Et toujours selon cet auteur, il y a peu d'études concernant les facteurs relationnels qui rendraient ces méthodes plus ou moins acceptables et/ou efficaces.

Les robots sociaux d'assistance peuvent être définis comme ceux qui fournissent une assistance par le biais d'une interaction sociale parallèlement ou à la place d'une aide physique. Des chercheurs anglais [Winkle *et al.*, 2018] ont étudié la possibilité d'utiliser des robots sociaux en rééducation par le biais de discussions avec des thérapeutes. Ces derniers estiment que le robot offre une assistance plus pro-active que les autres technologies seules, notamment si l'interaction est personnalisée pour chaque patient et si le comportement du robot s'adapte en temps réel. L'autonomie et la mobilité, parfois limitée, des robots sont évidemment des désavantages par rapports aux autres technologies.

Dans la catégorie des robots sociaux, on parle de robots « persuasifs » : ce sont ceux qui doivent nous amener à changer un comportement, un sentiment ou une attitude. Par exemple des auteurs [Kidd et Breazeal, 2008] ont comparé 3 méthodes pour mesurer les calories : un mini-robot comme coach, un ordinateur et un carnet classique. Ils montrent que les participants au régime notent leurs calories deux fois plus longtemps avec le robot. La présence physique du robot peut donc avoir un effet plus engageant sur le long terme que d'autres technologies, même si cela reste à étudier plus précisément dans le cas par exemple de la kinésiophobie liée à une douleur chronique.

Deux études tendent à montrer que le robot a une présence reconnaissable au niveau neuronal par un être humain. Les processus cognitifs impliqués lors de l'expérience d'un état mental et lors de la perception d'un autre individu vivant le même état mental se chevauchent, tant au niveau comportemental que neuronal. On parle d'un phénomène de résonance. Chaminade et Cheng [Chaminade et Cheng, 2009] ont montré que cet effet à lieu à la vue d'un robot si on prévient préalablement la personne concernée de bien faire attention aux mouvements du robot. De leur côté, Rosenthal-von der Pütten *et al.* [Rosenthal-von der Pütten *et al.*, 2013] ont montré que nous éprouvons un sentiment d'empathie vis-à-vis d'un robot, même si cette empathie est moins marquée pour un être humain.

Une étude récente [Boumans *et al.*, 2019] effectuée avec le même robot que celui que nous utilisons montre que l'utilisation d'un robot social pour poser des questionnaires concernant le ressenti du patient peut être à la fois un outil précieux pour les professionnels de la santé et un interviewer acceptable pour des patients âgés.

C'est l'une des raisons pour laquelle nous testons des questionnaires sur la douleur posés par le robot lui-même (section 2).

Power *et al.* [Power *et al.*, 2007] ont mené une étude comparative entre l'utilisation d'un robot et l'utilisation d'un agent informatique (image, « avatar » d'un robot). Ils montrent que le robot a à la fois des avantages et des inconvénients : d'une part les personnes impliquées préféreraient le robot à l'agent informatique. Mais elles ont moins communiqué de renseignements personnels au robot et surtout ces personnes ont mémorisé moins d'informations importantes lors de l'interaction avec le robot.

D'après les travaux de Power *et al.*, si la tâche réclame peu d'interaction sociale et la transmission de beaucoup d'informations, un agent informatique est suffisant. Au contraire une tâche orientée sur le lien et l'interaction sociale gagnera à être effectuée avec un robot humanoïde. La difficulté étant qu'un robot d'assistance devrait assurer un mélange de ces deux types de tâches. C'est pourquoi nous pensons qu'une étude approfondie et rigoureuse est intéressante dans le cas des patients douloureux puisque le robot peut intervenir à la fois pour l'éducation thérapeutique du patient et pour un accompagnement relationnel de celui-ci.

Ces auteurs insistent aussi sur le fait que, pour améliorer les interactions homme-robot, la machine doit être capable de comprendre les comportements humains, via le langage verbal et non-verbal. Par exemple les postures corporelles, les gestes et les émotions faciales sont pertinentes pour estimer partiellement l'état interne des êtres humains [Tapus *et al.*, 2019]. Dans ce contexte, une meilleure estimation par le robot de l'état douloureux d'une personne, permettrait évidemment d'améliorer la qualité de la relation homme-robot.

Wu *et al.* [Wu *et al.*, 2012], au travers de groupes de discussion, ont montré qu'au-delà de la question de l'apparence du robot, de nombreuses questions éthiques et sociales sont soulevées par les utilisateurs potentiels (ici des personnes âgées). Une étude portugaise [Piçarra *et al.*, 2016] montre que la représentation sociale du robot est liée avant tout à la notion d'outil pour la population étudiée (212 personnes) et qu'il y a des variations en fonction de l'âge, du genre et du niveau d'éducation. De plus la confiance dans la technologie utilisée est aussi un facteur subjectif favorisant l'usage d'un robot, aussi bien celle du praticien que celle du patient [Langer *et al.*, 2019]. Il semblerait donc qu'il y ait des paramètres sociaux et cognitifs à prendre en compte pour obtenir l'adhésion du patient et l'efficacité cherchée.

L'amélioration de l'interaction sociale homme-robot est très onéreuse ; il faudra donc comme le conseillent certains auteurs [Tapus *et al.*, 2019] travailler sur des algorithmes nécessitant peu de mémoire informatique et peu de temps de calcul, mais fournissant néanmoins des comportements robotiques suffisants pour la tâche visée et socialement acceptables pour le patient. Notre stratégie tient compte de ce fait avec, par exemple, l'utilisation d'objets connectés peu coûteux.

## **2 Démarche**

Dans un premier temps, nous avons expérimenté une séance de méditation dictée par le robot. La technique de méditation laïque, utilisée dans le traitement de la douleur chronique, est la thérapie de pleine conscience. Elle vise à réduire le stress et à prévenir les rechutes dépressives et les douleurs chroniques [Monestès *et al.*, 2007].

Son apprentissage a été formalisé, dans le cadre du soin, sous la forme de deux protocoles appelés :

- MBSR (Mindfulness-Based Stress Reduction) pour la réduction du stress et la régulation des émotions,
- MBCT (Mindfulness Based Cognitive Therapy) pour le traitement de la rechute dépressive.

Rapidement une question s'est posée : comment le robot peut-il adapter son comportement s'il ne sait pas évaluer l'état douloureux d'une personne ? Nous nous sommes donc concentrés sur les capacités du robot à estimer l'état douloureux d'un patient.

La douleur est un phénomène complexe [Monestes et Serra, 2005], subjectif et très variable d'un individu à l'autre pour une même « sollicitation ». L'Association internationale d'étude de la douleur (International Association for the Study of Pain) la définit comme « une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable en réponse à une atteinte tissulaire réelle ou potentielle ou décrites en ces termes ». On ne peut donc pas évaluer la douleur comme on mesure une donnée biométrique classique telle la température corporelle.

Pour une première approche, nous avons implémenté le Questionnaire Douleur de Saint Antoine (forme abrégée) sur la tablette tactile du robot. Il s'agit d'une liste de 16 qualificatifs sensoriels ou affectifs, devant être évalués par une note de 0 à 4. Nous avons codé le questionnaire en HTML5/CSS3 et Javascript, Pepper disposant d'une tablette qui permet l'affichage d'images, de vidéos ainsi que de pages web, notre application s'exécute naturellement. Le robot peut également déterminer le temps mis pour répondre, ce qui est aussi un paramètre intéressant pour les médecins [Craddock *et al.*, 2012]. Nous avons également le même questionnaire sur tablette simple pour comparaison.

Puis nous nous sommes intéressés à la fréquence cardiaque instantanée du patient afin d'évaluer son niveau de stress en temps réel. En effet le stress peut être induit par la douleur et, même si ce n'est pas un marqueur spécifique de la douleur, c'est un paramètre facile à suivre qui affine la perception qu'a le robot de l'état douloureux du patient. Il s'agit alors de mettre en place un capteur positionné sur le patient et communiquant par wifi avec le robot (voir figure 1). Concrètement, le capteur mesure l'intensité de la lumière réflétee par la surface de peau et les cellules sanguines ou globules rouges circulant dessous afin de déterminer le rythme cardiaque. Il est connecté à un dispositif qui offre la connectivité Wi-Fi.

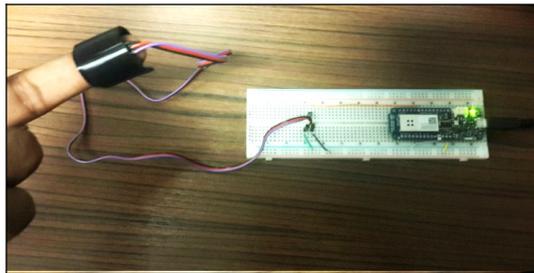


Figure 1 : Prototype du cardio-fréquence-mètre.

Enfin nous avons utilisé, toujours en Wi-Fi, un capteur de type accéléromètre (ADXL335 3 axes) afin de contrôler le mouvement de la cuisse de la personne. En cas d'inactivité prolongée, le robot peut conseiller à la personne un type de mouvement adapté, sélectionné au préalable par le patient et son médecin (exemple : marche). En effet la douleur chronique peut provoquer une phobie du mouvement ([Keogh *et al.*, 2010] et [Meulders *et al.*, 2011]) puis un déconditionnement à l'effort et des encouragements à bouger sont bénéfiques.

### 3 Solutions techniques

Le capteur (cardiofréquencemètre ou accéléromètre) est connecté à une carte Arduino MKR1000 qui offre la connectivité Wi-Fi. Cette carte est adaptée pour le développement d'applications IoT (objets connectés) avec un processeur 32 bits, plusieurs entrées / sorties et la gestion cryptée du Wifi.

Afin de traiter les données du capteur, nous avons dans un premier temps programmé un serveur python sur le robot. Dans ce cas, le serveur se charge de récupérer les données envoyées par le capteur.

Dans un second temps, il est apparu plus pratique et stable d'utiliser le protocole MQTT pour faire communiquer le robot et les différents capteurs. Il s'agit d'un protocole de messagerie « publish-subscribe » basé sur le protocole TCP/IP. Cela nécessite une connexion wifi et un serveur indépendant du robot qui sert d'espace de données (voir figure 2).

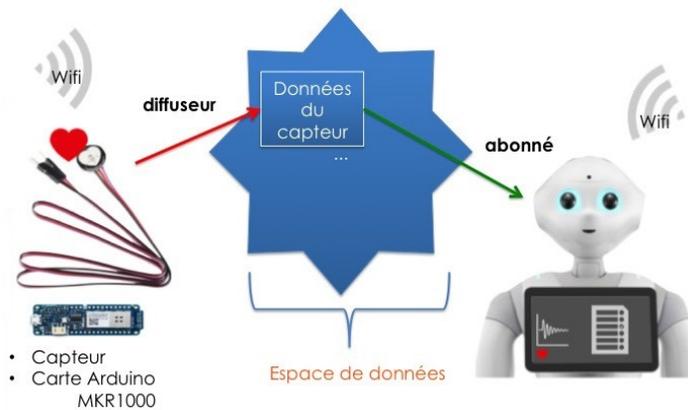


Figure 2 : schématisation du protocole utilisé (MQTT).

### 4 Conclusion et perspectives

Ce travail (toujours en cours) est un exemple de collaboration transverse. Il illustre les défis inhérents à la e-santé pour laquelle, outre les aspects techniques (robotique, internet, objets connectés), les aspects humains et médicaux sont très prépondérants. Ce type d'étude est importante afin de savoir si l'utilisation d'un robot humanoïde présente un avantage pour le praticien et/ou pour le médecin par rapport à d'autres technologies existantes moins onéreuses. Il est aussi intéressant de mettre en lumière la composante sociale et relationnelle liée à la douleur chronique lors d'interactions humain-humain et robot-humain. Un autre aspect complexe qui reste à prendre en compte est la confidentialité des données médicales personnelles afin de choisir la technologie la plus sécurisée possible pour le médecin et son patient.

Pour conclure il s'agit avant tout de fournir des solutions qui répondent, non pas aux avancées technologiques en robotique, mais bien aux besoins réels du patient et des professionnels de la santé dans un contexte médical.

## Références :

- Andrade, A. O., A. A. Pereira, S. Walter, R. Almeida, R. Loureiro, D. Compagna et P. J. Kyberd (2014). Bridging the gap between robotic technology and health care. *Biomedical Signal Processing and Control*, 10, 65-78.
- Bhattarai, P. et J. L. Phillips (2017). The role of digital health technologies in management of pain in older people: An integrative review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 68, 14-24.
- Blackman, T. (2013). Care robots for the supermarket shelf: a product gap in assistive technologies. *Ageing & Society*, 33(5), 763-781.
- Boumans, R., van Meulen, F., Hindriks, K., Neerincx, M., & Rikkert, M. G. O. (2019). Robot for health data acquisition among older adults: a pilot randomised controlled cross-over trial. *BMJ quality & safety*, 28(10), 793-799.
- Chaminade, T., & Cheng, G. (2009). Social cognitive neuroscience and humanoid robotics. *Journal of Physiology-Paris*, 103(3-5), 286-295.
- Craddock, M., P. Molet, et R. Miller (2012). Reaction time as a measure of human associative learning. *Behavioural processes*, 90, 189-197.
- Dahl, T. S., & Boulos, M. N. K. (2014). Robots in health and social care: A complementary technology to home care and telehealthcare?. *Robotics*, 3(1), 1-21.
- Grekin, E. R., Beatty, J. R., & Ondersma, S. J. (2019). Mobile health interventions: Exploring the use of common relationship factors. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(4), e11245.
- Keogh, E., B. A. Rosser et C. Eccleston (2010). e-Health and chronic pain management: Current status and developments. *PAIN the Journal of the International Association for the Study of Pain, Topical review*, 151(1), 18-21.
- Kidd, C. D., & Breazeal, C. (2008, September). Robots at home: Understanding long-term human-robot interaction. In *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 3230-3235). IEEE.
- McGeary, D. D., C. A. McGeary et R. J. Gatchel (2012). A comprehensive review of telehealth for pain management: where we are and the way ahead. *Pain Practice*, 12(7), 570-577.
- Meulders, A., D. Vantsteenwegen et J. Vlayen (2011). The acquisition of fear of movement-related pain and associative learning: a novel pain-relevant human fear conditioning paradigm. *Pain*, 152, 2460-2469.
- Monestès, J. L. et E. Serra (2005). Modèles cognitifs et comportementaux dans la compréhension du phénomène de douleur chronique. *Douleurs: Evaluation-Diagnostic-Traitement*, 6(3), 122-129.
- Monestès, J. L., P. Vuille et E. Serra (2007). Thérapie de pleine conscience, thérapie d'acceptation et d'engagement et douleur chronique. *Douleurs: Evaluation-Diagnostic-Traitement*, 8(2), 73-79.
- Piçarra, N., Giger, J. C., Pochwatko, G., & Gonçalves, G. (2016). Making sense of social robots: A structural analysis of the layperson's social representation of robots. *European Review of Applied Psychology*, 66(6), 277-289.
- Powers, A., Kiesler, S., Fussell, S., & Torrey, C. (2007, March). Comparing a computer agent with a humanoid robot. In *Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction* (pp. 145-152).
- Rosenthal-von der Pütten, A. M., Schulte, F. P., Eimler, S. C., Hoffmann, L., Sobieraj, S., Maderwald, S., ... & Brand, M. (2013, March). Neural correlates of empathy towards robots. In *2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)* (pp. 215-216). IEEE.
- Rosser, B. A. et C. Eccleston (2011). Smartphone applications for pain management. *Journal of telemedicine and telecare*, 17(6), 308-312.

- Tapus, A., Bandera, A., Vazquez-Martin, R., & Calderita, L. V. (2019). Perceiving the person and their interactions with the others for social robotics—a review. *Pattern Recognition Letters*, *118*, 3-13.
- Winkle, K., Caleb-Solly, P., Turton, A., & Bremner, P. (2018, February). Social robots for engagement in rehabilitative therapies: Design implications from a study with therapists. In *Proceedings of the 2018 acm/ieee international conference on human-robot interaction* (pp. 289-297).
- Wu, Y. H., Fassert, C., & Rigaud, A. S. (2012). Designing robots for the elderly: appearance issue and beyond. *Archives of gerontology and geriatrics*, *54*(1), 121-126.