

# 1. Vers une méthode de maîtrise des risques dans l'informatisation de l'aide au handicap

Jean-Yves Antoine<sup>1</sup>, Dr Marie-Elisabeth Labat<sup>2</sup>, Anaïs Lefeuvre<sup>1</sup>, Christian Toinard<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Informatique de l'Université de Tours, Campus Universitaire de Blois, 3 place Jean Jaurès, 41000 Blois, jean-Yves.Antoine@univ-tours.fr, anais.lefeuvre@labri.fr

<sup>2</sup>Institut d'Éducation Motrice, Association pour l'insertion sociale et professionnelle des personnes handicapées (ADAPT), route de Châteauneuf 18570 Trouy, marie-elisabeth.labat@adapt.net

<sup>3</sup>Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans, INSA CVL – LIFO, 88 boulevard Lahitolle - CS 60013 - 18022 Bourges cedex, christian.toinard@insa-cvl.fr

## 1.1 Résumé

De nombreux projets visent à améliorer la situation de handicap en utilisant des technologies informatiques. Cela va des interfaces homme-machine pour les polyhandicapés à des outils de gestion des activités pour l'autonomie des autistes en passant par des logiciels d'assistance pour les troubles bipolaires. Cependant, si ces approches sont intéressantes et offrent souvent de bons résultats, les risques d'une assistance informatique dédiée pour le patient, le personnel soignant et l'entourage sont peu pris en considération. En effet, les travaux portent souvent sur les gains et les améliorations obtenus d'un point de vue de l'autonomie mais pas d'un point de vue plus global en terme de rééducation ou d'évolution de la pathologie du patient. Les gains sont souvent en terme d'allègement du suivi médical, social et familial, mais ils ne sont pas envisagés globalement et manquent d'une vision systémique seule à même d'évaluer l'amélioration de l'autonomie et les risques liés à une assistance informatique. Par ailleurs, cette vision se doit de prendre en compte tant les modifications de la place du handicapé au sein de la société que les modifications de celle-ci autour de ces enjeux. Cet article caractérise les risques lors d'une assistance informatique pour des handicaps moteurs et mentaux. Il classe les approches d'assistance, la nature des risques rencontrés au regard du contexte d'encadrement thérapeutique et définit une méthode pour évaluer et prévenir ces risques. Il propose ainsi un cadre conceptuel d'évaluation globale des risques et des impacts afin de faciliter les expérimentations, l'analyse de ces risques et définir les meilleures pratiques permettant de les contrôler.

## 1.2 Introduction

L'utilisation de l'informatique pour l'assistance à la personne handicapée est devenue une réalité. En effet, des prothèses bioniques permettent maintenant aux muscles d'asservir la mécanique. On parle ainsi d'homme augmenté avec tous les débats associés sur le plan éthique, psychologique et sociétal. Pour les polyhandicapés, sont proposés des systèmes d'aide à la communication, au contrôle de dispositifs numériques et à la conduite de fauteuils. Par ailleurs, des outils permettent d'assister par Internet des patients souffrant de schizophrénie en leur proposant une assistance par le Web en lien ou non avec le corps médical. Il existe plusieurs définition du handicap par exemple la loi du 11 février 2005 dans son Article 114 considère que *"constitue un handicap, au sens de la présente loi, toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un poly-handicap ou d'un trouble de santé invalidant"*. Cette définition est large puisqu'elle définit qu'une limitation d'activité en raison d'une altération "substantielle" d'une fonction constitue un handicap. Il revient aux spécialistes en médecine physique et de réadaptation d'évaluer le degré du handicap en fonction du contexte de la personne. Tous les travaux sur l'assistance informatique montrent des avancées intéressantes pour la prise en charge des patients. Cependant, ils considèrent un point de vue axé sur l'utilisation et l'acceptation de l'assistance informatique aussi bien par les patients que les praticiens. Ils offrent rarement une vue systémique de l'assistance informatique au handicap pour diverses raisons. D'une part, les solutions sont souvent limitées en terme d'ergonomie et l'on s'intéresse donc d'abord à évaluer la recevabilité. D'autre part, les résultats sont souvent tronqués car ils considèrent des candidats compétents et encadrés dans l'utilisation des outils. Enfin, ils ignorent bien souvent des aspects technologiques comme le risque de défaillance ou de vulnérabilité du système informatisé. Ainsi, les gains sont évalués essentiellement dans des contextes d'encadrement thérapeutique ou les risques sont ainsi minimisés. Cependant, dans les travaux existants il manque une définition globale des familles de risques liées au domaine de l'autonomie et une proposition de méthode pour maîtriser les risques de façon inter-disciplinaire.

L'enjeu de cet article est multiple. D'une part, il vise à présenter les principales techniques en termes d'assistance informatisée au handicap. Ensuite, il s'intéresse à classifier ces techniques en terme de risques sur le plan médical et sur le plan technologique. De plus, il définit les différents contextes d'encadrement thérapeutique qui permettent de réduire les risques. L'objectif serait de définir une méthodologie d'analyse des risques rendant par exemple possible la conception des appartements domotisés où les patients réapprennent à vivre en autonomie sans aide médicale en contrôlant les risques afin d'avoir des améliorations sur le long terme.

## 1.3 Objectifs et techniques d'assistance au handicap

### 1.3.1 Objectifs

Il est possible de distinguer deux motivations différentes pour l'assistance. D'une part, il peut s'agir d'obtenir une compétence ou une capacité considérée manquante. D'autre part, un but peut être d'alléger le personnel nécessaire autour de la personne sans récupérer la compétence manquante. Si ces deux motivations n'ont pas les mêmes implications auprès

du handicapé, elles ont tendance à avoir les mêmes impacts sur la place du handicapé au sein du système informatique. En effet, ces deux objectifs consistent à remplacer de façon intégrée à la personne physique ou par un appareillage dissocié la fonction manquante. Nous proposons ci-après une classification des techniques d'assistance qui correspondent à des niveaux d'intégration différents en donnant à chaque fois des exemples.

### **1.3.2 Prothèses**

En premier lieu, nous considérons le domaine des prothèses. En effet, les méthodes d'assistance [2] proposent maintenant la faculté de réparation voir de dépassement du handicap. Sur ce plan, l'objectif est de remplacer ou d'assister un membre par des méthodes bio-mécaniques. Dans ce cas, des interfaces cerveau-machine permettent de commander la mécanique via une informatique et des capteurs reliés au le système nerveux résiduel. Ces capteurs envoient des signaux à une intelligence embarquée qui pilote la partie électromécanique. Si de tels systèmes sont encore peu développés, il existe des systèmes plus simples, électro-mécaniques et contrôlés de façon biomécanique. Ceux-là ne nécessitent donc pas des capteurs reliés au système nerveux résiduel. Cependant, même ces systèmes commencent à embarquer une électronique d'asservissement qui bien que dissociée du système nerveux, améliore le confort de la motricité. On peut imaginer dans ce cas, des mises en contexte de cette électronique via des interfaces informatiques dédiées afin par exemple, de programmer une marche lente ou rapide, une course, un pas de danse ou un mouvement spécifique, etc. Dans ce cas, il est nécessaire de prendre en compte les capacités de reconfiguration et d'adaptation du système. Ces moyens d'adaptation s'ils sont efficaces en terme d'autonomie pourront présenter de nouveaux types de risques tant technologiques que psychologiques ou sociétaux.

### **1.3.3 Assistants informatiques**

Le domaine des assistants informatiques pour le handicap est très répandu. Par exemple, des systèmes d'aide à la communication basés sur des claviers virtuels offrent de nouvelles possibilités de communication à des patients polyhandicapés souffrant de troubles moteurs et/ou cérébraux lourds [3]. Par exemple, le système Sibylle [8] facilite cette aide à la communication en sélectionnant des mots sur le clavier virtuel et associant des propositions de mots relatives au contexte du discours courant. Ce type de solution est efficace et permet à des polyhandicapés d'élaborer efficacement des textes sur un ordinateur. Cependant, ces approches ne considèrent pas le risque de dépendance du handicapé vis-à-vis des propositions de mots qui lui sont faites. Ce risque est pourtant réel puisque les enseignants de l'école intégrée au centre de rééducation de Kerpape ont observé certaines modifications dans les choix lexicaux des enfants utilisant le système Sibylle. Les risques peuvent être d'une part un usage restreint de langue avec pour conséquence éventuelle la création d'un genre du discours du handicapé reconnaissable et dû au système d'assistance. De plus, des problèmes de confidentialité liés au texte saisi ne sont pas considérés. De nombreuses autres propositions existent en termes d'assistance, comme par exemple des interfaces de pilotage des fauteuils électriques avec des méthodes dédiées pour des polyhandicapés. Ces interfaces peuvent être configurées par des ergothérapeutes en utilisant un seul contacteur pour déclencher les différentes commandes du fauteuil (marche, arrêt, direction à gauche ou à droite, accélération, ralentissement, etc.). Pour cela, un ordinateur embarqué interprète les différentes séquences d'impulsions sur le contacteur (par exemple un clic, deux clics, trois clics, etc.) pour déclencher les commandes en s'adaptant au handicap du patient. Il est alors

nécessaire que l'ergothérapeute puisse programmer aisément les associations nécessaires entre les séquences et les commandes afin de faire des tests et d'ajuster l'interface de pilotage aux capacités du patient. On peut aussi imaginer que l'ordinateur embarqué s'adapte au contexte environnant, en privilégiant par exemple l'arrêt ou le ralentissement quand le fauteuil est utilisé à l'extérieur, ou à l'inverse en privilégiant les directions lorsqu'il est utilisé en intérieur. Cependant, là aussi se pose la question de la part de contrôle qui doit être laissée au patient afin de ne pas accentuer sa dépendance.

#### **1.3.4 Robots**

Certains auteurs comme [7] étudient l'utilisation de robots pour réaliser des actions quotidiennes pour le compte de handicapés. Le robot peut ainsi être équipé d'un système de vision et d'un bras permettant de saisir des objets. Le robot est commandé par le handicapé via une interface sans fil. Les auteurs étudient en général le taux de défaillances de tels systèmes en évaluant si le robot a atteint l'objectif visé. Cependant, ils étudient peu les impacts psychologiques ou les risques technologiques tels que des actions dangereuses effectuées par le robot ou des actions malveillantes à la suite d'une attaque sur le robot qui est facilitée par l'interface sans fil.

#### **1.3.5 Détections**

Les maladies bipolaires peuvent être contrôlées par les patients au moyen d'un assistant web [6]. Ces approches détectent les changements d'humeur et alertent le patient afin qu'il gère lui-même ces hausses et baisses d'humeur de façon adéquate. Le fait d'utiliser le Web minimise les risques de procrastination puisque les professionnels et des groupes de personnes bipolaires peuvent épauler le patient pour lutter contre un manque de motivation à utiliser l'outil ou une apathie pour trouver une solution. Si les risques psychosociaux sont parfois étudiés, n'est cependant pas encore considéré le phénomène de dépendance à l'outil qui peut arriver, limitant ainsi l'intérêt de l'approche et réduisant à l'inverse l'autonomie du patient puisqu'il dépend d'une aide logiciel et du réseau d'entraide. De plus, les auteurs s'intéressent rarement au problème de sécurité ou aux intentions malveillantes pour conditionner ou manipuler un patient en situation de crise. Ce type de risque est particulièrement réaliste dans la mesure où le Web est la principale source de vulnérabilités ou malveillances informatiques.

#### **1.3.6 Conseils**

Les schizophrènes peuvent bénéficier d'un assistant web [4] qui offre des conseils tels que des vidéos de patients souffrant d'hallucinations et des méthodes qu'ils utilisent pour combattre ces désordres mentaux (médicaments, relaxation, psychothérapie, etc.). Le but ici est d'offrir un conseil aux schizophrènes non seulement pour détecter une hallucination mais bien aussi pour qu'ils trouvent un conseil approprié et puissent de ce fait s'auto-réguler. Il y a derrière ce système une notion de coopération ou de réseau humain. Les risques ici sont donc encore plus grands lorsqu'il s'agit d'un système ouvert avec des usagers potentiellement malveillants et proposant des traitements qui peuvent s'avérer néfastes. De plus, les risques technologiques concernant les problèmes de sécurité liés à l'utilisation du Web ne sont pas non plus pris en considération. Enfin, le contexte social ou les différents modes de suivi réalisés par les praticiens ne sont pas étudiés en terme de risques alors qu'ils conditionnent l'usage de l'outil, orientent l'approche et comportent de

nouveaux risques de sécurité comme l'usurpation d'identité ou bien la confidentialité des soins.

## **1.4 Risques induits**

Nous avons vu dans la section précédente que différents types de risques peuvent être induits par une assistance informatique pour le handicap. Nous les classifions selon quatre catégories que nous définissons et illustrons pour les différentes techniques d'assistance. Chacun de ces risques peut être vu sous deux angles, d'une part l'impact pour le handicapé localement, incluant sa place au sein de la société et d'autre part l'influence de ce risque sur la société dans son ensemble. Pour évaluer ces quatre types de risques, il est nécessaire d'avoir de nombreux retours d'expérience impliquant les patients, les soignants, l'entourage familial, les fournisseurs de technologies d'assistance et les informaticiens afin de mettre en place les solutions et en évaluer les risques. Pour cela, nous dégagerons à la fin de cet article une méthodologie d'évaluation du risque qui permette de dissocier la mise en place d'assistance et l'évaluation de leurs risques.

### **1.4.1 Risque de régression**

La régression consiste en une augmentation de la dépendance et du handicap du fait de l'assistance informatique. Il paraît clair que ce risque est prégnant avec l'assistance informatique. En effet, l'assistance par un système informatique ne présentera pas le degré d'intelligence d'un soignant. S'il peut s'adapter au contexte, voire utiliser des systèmes informatiques experts, il ne remplacera pas complètement l'expérience d'une équipe soignante et pourra conduire à une baisse de l'autonomie motrice ou mentale. On peut considérer par exemple que la régression peut venir d'une trop grande assistance, par exemple dans le cas d'un pilotage complètement automatisé d'un fauteuil puisque le handicap n'a plus de libre arbitre ni d'effort à produire pour commander le fauteuil, mais aussi de malveillance, par exemple lorsque le système de reconnaissance des mots est soumis à des attaques pour proposer des termes inappropriés et manipuler le handicapé.

### **1.4.2 Risque sociétal**

Il existe un certain nombre de risques sociétaux. Nous considérons principalement l'isolement qui est une perte d'échange, de communication avec les soignants, l'entourage et un décrochage vis à vis de la société. Là encore l'assistance informatique peut augmenter le risque d'isolement puisque les assistants informatiques réduisent les interactions humaines. De plus, les méthodes utilisées peuvent être particulièrement perverses puisque conduisant à un substitut d'autonomie qui isole du monde réel et réduit la variété des échanges. Ainsi, l'utilisation de robot pour réaliser des tâches à la place du handicapé, l'isole des relations interpersonnelles qui lui permettent une assistance humaine. Les logiciels de conseil peuvent éloigner le patient des prescriptions et des interventions des thérapeutes avec une forme d'automédication propre à augmenter sa dépendance ou à lui faire courir d'autres risques

### **1.4.3 Risque physique**

Le risque physique affecte le corps d'une personne ou un matériel et correspond à des blessures/dégradations, des traumatismes/pannes et des handicaps physiques/destructions matérielles supplémentaires liés à l'utilisation d'une assistance informatique. En effet, si la personne handicapée utilise des assistants pour palier à son handicap, les technologies utilisées peuvent être invalidantes ou dommageable pour l'environnement. Il est aisé d'imaginer une prothèse informatisée défaillante qui conduit à une chute, un arrêt cardiaque, etc. De même un fauteuil électrique peut conduire à des dommages pour le patient ou l'entourage. Même pour des méthodes plus virtuelles telles que la détection ou le conseil, il est possible qu'une mauvaise utilisation ou des malveillances conduisent à une tentative de suicide ou des actes invalidants pour le patient, l'entourage ou les soignants.

#### **1.4.4 Risque psychologique**

Le risque psychologique est une blessure conduisant à une perturbation des affects, des réactions ou de la perception de la réalité accentuée par la méthode d'assistance informatique. On peut ainsi imaginer qu'un système d'aide à la communication dont les propositions lexicales seraient malvenues car mal contextualisées aient une influence négative sur l'état psychologique du patient (énervement, fatigue cognitive...). Certaines études ont montré qu'il n'en était rien, l'utilisateur se contentant alors d'ignorer dans plus de 90% des cas les propositions du système [5]. Les risques de piratage existent aussi non seulement de façon ciblée vers le patient mais plus globalement en raison du large spectre de vulnérabilités et de défaillances dans les systèmes informatiques. Il est aussi aisé de penser à un risque d'augmentation des peurs dans l'utilisation d'un fauteuil si celui-ci se comporte de façon indéterministe ou cause des dommages à l'environnement ou l'entourage.

### **1.5 Contexte d'encadrement thérapeutique**

Le type d'encadrement thérapeutique influe non seulement sur l'efficacité de l'assistance mais aussi sur le type de risques et leur gravité. Ainsi, nous définissons quatre types d'encadrement et nous présentons des exemples pour les types de risques qu'ils évitent ou contrôlent. Bien que nous donnions des exemples de risques encourus, le but de cette section n'est pas de définir les niveaux de risques pour chacun des types d'encadrement.

#### **1.5.1 Libre**

L'assistance informatique est libre lorsque le handicapé décide, installe, configure et évalue lui-même l'efficacité ou les risques. Il s'agit donc d'une approche où le handicapé fait preuve d'une grande capacité pour choisir l'outil adapté, l'utiliser et l'améliorer. On peut par exemple imaginer un handicapé moteur qui choisit lui-même un logiciel d'aide à l'écriture et le met en place sur son ordinateur. Il se forme lui-même à l'utilisation de l'outil et peut éventuellement le modifier en récupérant les sources du programme. L'absence de regard extérieur peut gêner la bonne appréhension/surveillance du risque puisque la personne handicapée doit à elle seule maîtriser toutes les étapes qui habituellement sont sous la responsabilité du personnel d'encadrement, de l'entourage ou de la famille.

### **1.5.2 Suivi**

Le suivi d'une assistance informatique est assuré par étapes avec des rendez-vous ou des interventions ponctuelles du personnel qualifié, de l'entourage et de la famille. Dans ce cas, le handicapé n'assure pas lui-même toutes les étapes de mise en place d'une assistance informatique. On peut imaginer par exemple l'installation et un enseignement spécialisé d'un logiciel d'aide à l'écriture avec des rendez-vous et des tests pour évaluer si la richesse lexicale du discours n'est pas limitée par l'outil.

### **1.5.3 Accompagnement**

Une assistance informatique avec un accompagnement consiste en la présence d'une personne qualifiée lors de l'utilisation de l'assistant informatique. Il s'agit donc plus d'alléger l'encadrement que de remplacer une fonction ou capacité déficiente. Par exemple dans le cadre d'un fauteuil piloté par un logiciel avec des capteurs, une personne formée pour intervenir sur le fauteuil suit les déplacements du handicapé. La personne réalisant l'encadrement peut donc arrêter le fauteuil en cas de dysfonctionnement, voire prendre le contrôle du pilotage. La personne handicapée peut donc faire plus de choses et courir plus de risques sans que l'encadrement le détecte. Il est nécessaire d'associer à chaque type d'encadrement une typologie des risques et une méthode d'évaluation de ces risques par l'accompagnateur comme par la personne handicapée.

### **1.5.4 Établissement spécialisé**

La mise en place d'une assistance informatique en établissement spécialisé repose sur une infrastructure médicale, technique et éducative qui utilise l'informatique pour améliorer l'autonomie du patient au sein même de l'établissement spécialisé. Il peut s'agir d'une phase préliminaire d'évaluation de l'outil avant de permettre l'autonomie du handicapé en dehors du cadre sécurisé par l'établissement et son personnel. Il s'agit du cadre présentant le moins de risques pour le handicapé si l'encadrement est formé à la prise en compte et l'évaluation des risques. Cependant l'autonomie se trouve réduite puisqu'en contre partie d'un risque éventuellement mieux maîtrisé l'autonomie est limitée au cadre de cet établissement au moins dans un premier temps.

## **1.6 Conclusion**

S'intéresser à la maîtrise des risques induits par l'appareillage informatique chez une population, ici dite handicapée, est une étape dont on ne peut faire l'économie aujourd'hui, au vu de la rapidité de développement des techniques et systèmes. Ces systèmes, nous le rappelons, permettent soit de pallier le manque d'une compétence ou capacité chez un individu handicapé, soit d'alléger la tâche du personnel mobilisé autour de l'individu.

Les risques liés à ces technologies (en particulier en termes d'autonomie des personnes) concernent en réalité la majeure partie de la population. D'une part, elles répondent à une logique économique de « *design for all* » qui destine à terme la majeure partie de la population à accéder à leurs fruits. D'autre part, les éléments de réflexion soulevés dans cet article sont en résonance avec les questionnements actuels sur l'impact de notre société numérique sur la cognition humaine. Par exemple, de nombreuses études indiquent que l'utilisation d'une nouvelle capacité proposée par l'outil informatique, à savoir une forme de mémoire externe à l'individu, modifie le capital des capacités premières chez celui-ci.

Sparrow et ses collègues [1] ont ainsi caractérisé la mise en place de stratégies d'optimisation de la mémoire de travail : les sujets ont tendance à se rappeler où est localisée l'information mais pas l'information elle-même si elle est stockée informatiquement. L'autonomie de l'individu est alors relative : l'appareillage permettant un prolongement de la capacité de mémoire intrinsèque à cet individu, il a tendance à optimiser son usage et l'intégration de cette connaissance. Ici, même si la capacité d'origine visée par l'informatisation n'est pas manquante, elle est pour le moins suppléée par la machine, tout comme c'est le cas pour les différents types d'aide à l'autonomie des handicapés. C'est pourquoi il est tout à fait pertinent de plonger notre réflexion sur l'autonomie des personnes dans une vision de la société dans son ensemble. Un protocole d'évaluation des risques dans le cadre de notre étude s'applique selon nous à l'ensemble des situations où l'outil permet à l'individu, handicapé ou non, de suppléer ou de remplacer une capacité/compétence de celui-ci.

Dans le cadre du Réseau Thématique Régional autour du Risque soutenu par la région Centre, nous avons proposé la mise en place d'un axe de recherche « Risques informatiques et assistance médicale » précisément lié à ces questions. L'objectif de cet axe est de réfléchir avec des praticiens hospitaliers, des usagers, des experts en sciences sociales et humaines, sur les risques induits par les technologies informatiques dans le secteur de l'aide à la personne. Le premier résultat attendu de ce RTR sera la définition d'une approche méthodologique pour diminuer les risques de dépendances à l'informatique. La méthode pourra s'appliquer à toute la société [1] qui devient une société handicapée du fait de l'informatisation et de la dépendance à l'informatique, dépendance qui est liée à une convergence entre sciences cognitives et technologies de l'information [8].

## Bibliographie

[1] D.M. Wegner, B. Sparrow, J. Liu. Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science*, 333(6043):776–778, 2011.

[2] N. G. Hatsopoulos, J. P. Donoghue. The science of neural interface systems. *Annual Review of Neuroscience*, 32(8):249–66, 2009.

[3] D. Maurel, J.-Y. Antoine. Aide à la communication pour personnes handicapées et prédiction de texte : problématique, état des lieux et retour sur trente ans de recherche en communication augmentée. *Traitement Automatique des Langues*, 48(2):9–46, 2007.

[4] M. Aiello, L. Van der Krieke, A.C. Emerencia and S. Sytema. Usability evaluation of a web-based support system for people with a schizophrenia diagnosis. *J Med Internet Res*, 14(1):621–633, 2012.



[5] J. Bouteille, D. Pozzi, F. Lofaso, I. Laffont, N. Biard, C. Dums. Apports de l'évaluation en situation de vie à partir d'une étude sur l'intérêt de la prédiction de mots auprès d'utilisateurs de synthèse vocale. Actes *Handicap'2006*, pages 145–148, 2006.

[6] S.H. Jones, N.J. Todd, F.A. Lobban. What do service users with bipolar disorder want from a web-based self-management intervention? a qualitative focus group study. *Clinical Psychology & Psychotherapy*, 20(6):531–543, 2013.

[7] O. Remy Neris, A. Baillet, A Bar, D. Drean, A. Verier, C. Leroux, P. Belletante, J.L. Le Guiet, P. Coignard, J.P. Departe. Anso study: Evaluation in an indoor environment of a mobile assistance robotic grasping arm. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 56(9):621–633, 2013.

[8] J.P. Departe, F. Poirier, T. Wandmacher, J.Y. Antoine. Sibylle, an assistive communication system adapting to the context and its user. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 1(1):1–30, 2008.

[9] F. Jarrige. *Techno-critiques : du refus des machines à la contestation des technosciences*. La Découverte. 2014.