



HAL
open science

L'approche CARACTH : Concevoir des produits ajustés aux capacités motrices des usagers

Julien Veytizou, Guillaume Thomann, François Villeneuve

► **To cite this version:**

Julien Veytizou, Guillaume Thomann, François Villeneuve. L'approche CARACTH : Concevoir des produits ajustés aux capacités motrices des usagers. 14ème Colloque National AIP PRIMECA, Mar 2015, La Plagne, France. hal-01911970

HAL Id: hal-01911970

<https://hal.science/hal-01911970v1>

Submitted on 5 Nov 2018

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.

L'approche CARACTH : Concevoir des produits ajustés aux capacités motrices des usagers

Julien Veytizou¹, Guillaume Thomann¹, François Villeneuve¹

¹Laboratoire G-SCOP

46 avenue Félix Viallet

38031 Grenoble Cedex 01 France

Julien.Veytizou@grenoble-inp.fr

Résumé— *La prise en compte des usagers et des usages dans la conception des produits reste un aspect difficile à traiter, en particulier lorsque leur caractérisation est très spécifique (c'est le cas des personnes handicapées ou des situations d'usages dans des environnements contraignants). Dans ce contexte, l'objet des travaux présentés dans ce papier est de contribuer à une meilleure prise en compte des usagers et usages par la mise en place d'outils et de méthodes permettant de les caractériser. Le processus de conception CARACTH proposé, est inspiré de la méthodologie de la Conception Centrée Utilisateur à laquelle sont insérées une étape de caractérisation des spécificités motrices des utilisateurs et une étape pour la définition d'une architecture produit modulaire. Ces évolutions permettent notamment de simplifier les phases d'itérations à l'intérieur du processus de conception pour permettre une personnalisation efficace et rapide du produit. Le processus CARACTH a été appliqué dans un projet de conception d'aides techniques permettant aux personnes en situation de handicap moteur de jouer de la musique pendant un concert. Cette application a permis d'étudier la pertinence du processus à proposer des solutions de conception ajustées aux capacités motrices, et de vérifier l'intégration naturelle des solutions dans l'environnement de l'utilisateur.*

Mots-clés— *Conception Centrée Utilisateur, handicap, capacité motrice, Kinect, musique*

I. INTRODUCTION

L'autonomie synonyme de liberté peut représenter la capacité d'un individu à manipuler un produit afin de participer à des situations de vie quotidienne. Une déficience des facultés motrices des membres inférieurs et ou supérieurs peut affecter cette autonomie avec de significatives répercussions sur la vie des personnes [1]. Pour rétablir la fonction déficiente, une thérapie est souvent suffisante. Les professionnels du médical vont identifier les particularités de la déficience afin de proposer un programme thérapeutique adapté aux besoins du patient. Malgré cela et dans de nombreux cas, la guérison ne peut être envisagée. L'autonomie peut alors être retrouvée par l'utilisation d'aides techniques comme les fauteuils roulants pour retrouver une mobilité ou encore des systèmes comme les EyeTracker pour manipuler des ordinateurs avec la vue. Cependant, certaines de ces technologies sont abandonnées à cause de leur complexité d'utilisation. Les raisons sont la limitation des facultés des membres supérieurs et l'inconfort procuré par le dispositif de mobilité [2] ou une prise en compte minimale de ces utilisateurs dans le processus de conception. Dans ce cas, il

peut être difficile de proposer une nouvelle interface à ces utilisateurs pour effectuer une tâche (par exemple jouer de la musique). Non seulement l'utilisateur mais aussi ces facteurs humains personnels et environnementaux doivent être pris en compte dans le processus de conception. L'identification des capacités motrices des utilisateurs mais aussi d'autres expertises peuvent constituer ces facteurs humains.

Comment concevoir des produits dans le contexte proposé ? Tout d'abord, il est nécessaire d'intégrer et d'impliquer l'utilisateur en situation de handicap dans le processus de conception. Des approches dites centrée utilisateur ont été proposées. La méthodologie de la Conception Centrée Utilisateur (CCU ou UCD en anglais), défini par sa norme ISO 9241-210, propose des points techniques à suivre permettant [3] : une connaissance des utilisateurs finaux (tâches, environnements), une participation active des utilisateurs (besoins et exigences), une répartition appropriée des fonctions entre les utilisateurs et la technologie, une approche itérative pour la conception et l'intervention d'une équipe multidisciplinaire. La CCU contribue à inclure et à favoriser l'utilisabilité du produit [4] selon lequel il peut être utilisé pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficacité et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié [5]. La méthodologie CCU a été appliquée dans plusieurs projets de conception dans le domaine du handicap [6] [7]. Elle a permis aux concepteurs de créer des concepts d'aides techniques en offrant un design adapté. Par contre, les projets de conception ont abouti à la proposition de solutions sur mesure qui ne sont pas du tout compatibles avec la réduction des coûts de produits qu'il est possible d'obtenir avec la conception universelle.

La conception universelle est défini comme la conception de produits et d'environnements qui soient accessibles par tout individu sans recourir à l'adaptation ou la conception spécialisée. Le Center on Universal Design de Raleigh a défini les 7 principes de la conception universelle [8], très proches des notions d'utilisabilité. Ces principes sont applicables pour de nombreux types de conception comme les lieux de travail, des services ou du matériel d'éducation [9]. Mais, ils peuvent être plus difficiles à utiliser pour la conception de systèmes interactifs. Cependant, concevoir un produit unique, utilisable par tout individu dans le domaine du handicap peut sembler très complexe en raison de la variété de profils utilisateurs possibles. Pour répondre à

ces contraintes, il est nécessaire de raisonner en gamme de produit. Déployer la méthode de conception modulaire dans un projet de conception permet de générer cette gamme de produit. La conception modulaire propose de définir un produit en modules, avec des modules de bases et des modules spécifiques qui vont s'interconnecter pour répondre à de nouveaux besoins [10] [11]. L'application de la conception modulaire a montré de nombreux avantages dans la conception d'aides techniques. Elle a permis d'augmenter le nombre de combinaisons possibles, d'offrir plus de souplesses sur le produit et d'ajouter de l'adaptabilité au produit de base [12].

Un dernier point très important dans le contexte de ce travail de recherche proposé est de concevoir des produits en se basant sur les aptitudes de l'utilisateur. Plusieurs approches de conception ont été proposées permettant d'analyser les capacités motrices d'un utilisateur lorsqu'il effectue une tâche. L'ingénierie de réadaptation a pour principe de développer des solutions de concepts sur mesure pour un utilisateur ou un petit nombre. Cette approche cherche à quantifier, mesurer et suivre la performance humaine pour fournir de meilleures adaptations [13]. Par l'application des sciences et de la technologie, l'ingénierie de réadaptation a permis d'améliorer les situations de vie des personnes en situation de handicap [14]. L'Ability-Based-Design (ABD) consiste à se focaliser sur les capacités de l'utilisateur tout au long du processus de conception pour créer des systèmes fondés sur le potentiel humain. Ainsi, cette approche positionne les aptitudes de l'utilisateur comme le point central des activités de conception. Des applications de cette approche comme la génération automatique de l'interface utilisateur [15] et l'adaptation à l'évolution des contextes utilisateur [16] démontrent que les technologies interactives peuvent détecter et s'adapter aux capacités de l'utilisateur.

Il est reconnu que l'intégration d'outils liés au processus de conception reste un challenge dans le domaine des technologies d'assistance [17]. Les tests avec les utilisateurs demandent des moyens financiers et du temps qui ne sont pas toujours compatibles avec les projets de recherche et développement. De plus ces tests peuvent causer la fatigue physique et morale (long et ennuyeux) et affecter « l'estime de soi » de l'utilisateur. Le choix du bon outil pour adapter le processus à la conception pour le handicap sera déterminant.

Les travaux proposés dans ce papier ont pour ambition de fournir un modèle des spécificités motrices des utilisateurs en situation de handicap moteur. Ce modèle permet à l'équipe de conception de produire des solutions de produits adaptés aux capacités motrices de son utilisateur. Ce travail a permis la création d'expertises sur les spécificités motrices des usagers en situation de handicap. Il s'agit de proposer des outils de mesures des spécificités motrices qui seront intégrés dans un processus de conception. Ces travaux de recherche ont amené à poser la question suivante :

Peut-on proposer des méthodes et outils permettant l'enchaînement de la caractérisation des spécificités motrices vers la conception d'interface personnalisée ?

Pour répondre à cette question, nous suggérons de coupler les approches de la CCU, de la conception modulaire et des approches se basant sur les aptitudes des utilisateurs dans l'objectif de proposer notre processus de conception CARACTH (Partie II de l'article). Ce processus de conception sera illustré par une application de conception de technologies d'assistance facilitant la pratique musicale pour les personnes en situation de handicap moteur (Partie III de l'article). Enfin, les principales conclusions et les perspectives de travail seront mises en avant (Partie IV de l'article).

II. LE PROCESSUS DE CONCEPTION CARACTH

A. Un processus inspiré de la CCU

Nous proposons un processus de conception adapté au contexte de la conception d'aides techniques pour personnes en situation de handicap. Ce processus baptisé CARACTH est inspiré de la CCU que nous faisons évoluer afin de (Figure 1) :

- insérer une étape de caractérisation des spécificités motrices des utilisateurs
- insérer une étape pour la définition d'une architecture produit modulaire

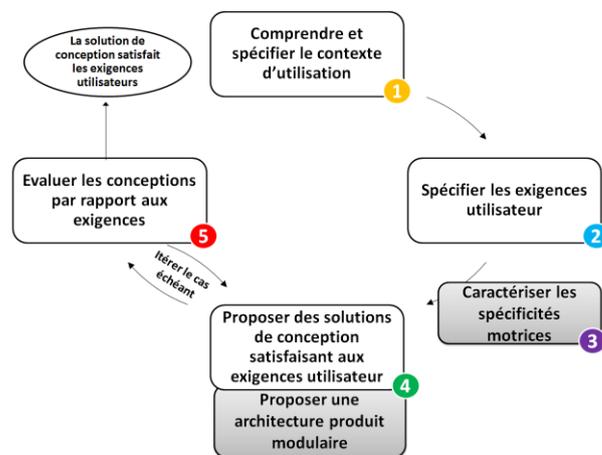


Figure 1. LE POSITIONNEMENT DE LA CARACTERISATION DES SPECIFICITES MOTRICES A L'INTERIEUR DU CYCLE CCU

La caractérisation des spécificités motrices débute après avoir spécifié les exigences liées à l'utilisateur. Cette étape permet de définir les aptitudes de l'utilisateur pour le concepteur, dans l'objectif de fournir des solutions de conception mieux ajustées aux capacités de l'utilisateur. Dans cette étape, des activités d'analyses et de modélisation des aptitudes motrices sont proposées dans le but de fournir des informations utiles pour la suite du processus. Comme identifié en références [10] [11] notamment, nous proposons une architecture produit modulaire dans notre processus de conception pour combiner les avantages de la CCU et de la conception modulaire. La norme ISO 9241-210 propose d'effectuer des itérations de conception sur l'ensemble des étapes de la CCU. En fonction de la complexité d'une re-conception des systèmes après l'évaluation par les utilisateurs, ces phases d'itération peuvent demander des moyens financiers et du temps non compatibles avec le projet de conception. Nous proposons d'effectuer ces

itérations seulement entre deux étapes de la CCU : « proposer des solutions de conception » et « évaluer les conceptions ». L'intégration de la caractérisation des spécificités motrices et d'une architecture produit modulaire à l'intérieur du cycle de la CCU devrait permettre ainsi de simplifier les phases d'itérations sur notre processus de conception CARACTH.

B. Les étapes du processus de conception

Le processus de conception CARACTH se décline en 5 étapes centrées sur l'utilisateur. Elles fournissent une approche pour les concepteurs facilitant l'enchaînement de la caractérisation des spécificités motrices vers la conception de systèmes personnalisables.

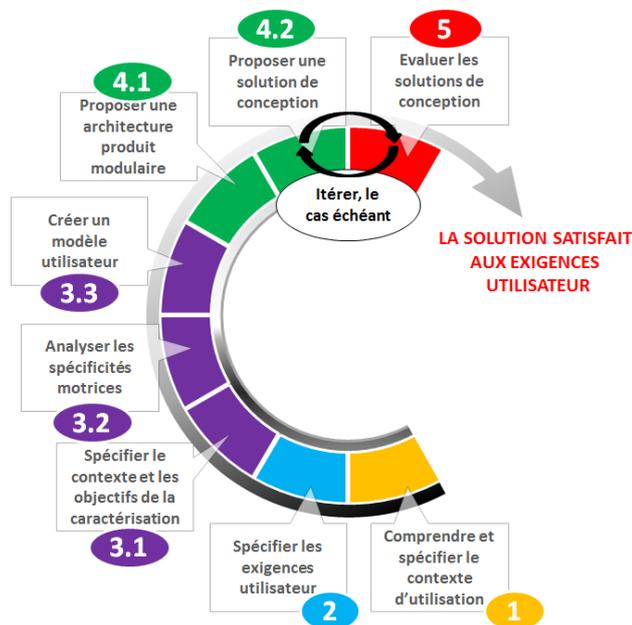


Figure 2. LE PROCESSUS DE CONCEPTION CARACTH

Certaines d'entre elles sont décomposées en sous étapes. L'étape de caractérisation des spécificités motrices est divisée en trois sous étapes (voir 3.1 à 3.3 sur la Figure 2). L'étape de proposition de solution de conception est divisée de deux sous-étapes (voir 4.1 et 4.2 sur la Figure 2). La partie suivante de ce papier présente une application du processus de conception CARACTH. Elle présentera les activités proposées pour chaque étape du processus et la manière dont il a été appliqué.

III. APPLICATION

A. Le projet RV-Lapalud

Le projet RV-Lapalud est un projet de concert incluant des musiciens valides et des musiciens en situation de handicap pour lesquelles nous avons proposé des aides techniques en appliquant le processus de conception CARACTH. Notre implication dans ce projet a permis d'étudier la pertinence de notre processus sur les objets conçus, mais aussi d'évaluer l'utilisation des systèmes conçus en situation d'usage réel, tout en vérifiant leur intégration naturelle dans l'environnement de l'utilisateur. Après plusieurs séances liées à l'organisation du

projet, l'apprentissage des systèmes et les répétitions, le projet s'est terminé par un concert dans la ville de Grenoble en avril 2014.

B. Etape 1 et 2 liées à la CCU

Nous avons choisi de débiter le processus de conception par les deux premières étapes de la CCU afin de comprendre et de spécifier le contexte d'utilisation et de spécifier les exigences de l'utilisateur. La norme ISO définit des activités que nous avons appliquées.

L'environnement est avant tout celui du handicap. Dans le projet RV-Lapalud, un utilisateur en situation de handicap moteur manipulera le système à concevoir. Cet utilisateur présente une infirmité motrice cérébrale (IMC). Il est paraplégique (paralysie partielle des deux membres inférieurs), se déplace en fauteuil roulant électrique et est capable de bouger ses membres supérieurs avec plus ou moins d'amplitude et de précision. Il réalise ses tâches et ses activités généralement avec sa main gauche. Le projet de conception doit permettre à l'utilisateur de générer une action, en l'occurrence générer un son, à partir de ses possibilités gestuelles et plus précisément les gestes à nu de l'utilisateur. Le système doit être personnalisable aux capacités motrices de son utilisateur mais aussi adapté aux objectifs musicaux. Le résultat sonore doit s'adapter à différents contextes d'expression musicale. Il devra être possible de jouer des sons synthétisés ou des sons provenant d'instruments de musique acoustiques. L'entourage de la personne en situation de handicap qui utilisera le système à concevoir est aussi considéré comme utilisateur potentiel. Parmi eux, nous trouvons l'ensemble des acteurs participant au projet RV-Lapalud.

Le système à concevoir doit permettre à son utilisateur de jouer de la musique avec un moindre effort, avec sa main gauche, dans un environnement confortable et sans risque. Il est opportun qu'il puisse s'adapter d'un environnement d'usage à un autre. Ainsi, dans notre cas d'étude, les différents environnements d'usage sont les séances de répétitions individuelles ou en groupe, et le (les) concert(s) sur scène. En raison d'un grand nombre de déplacement à prévoir durant l'ensemble du projet, le système musical à concevoir doit être transportable et facile à mettre en œuvre par les musiciens intervenant. L'efficacité du système sera jugée sur la qualité des sons produits et sur son adaptabilité à de nouvelles exigences musicales. Lors du concert, l'utilisateur en situation de handicap devra jouer 3 types d'instruments de musiques : de la batterie, du piano et le système musical à concevoir. Il convient que ce dernier s'intègre naturellement dans l'environnement individuel de l'utilisateur et qu'il permette un accès et un transfert d'un instrument de musique à un autre en toute facilité et en toute autonomie.

C. Etape 3 : Caractériser les spécificités motrices

1) Spécifier le contexte de la caractérisation

Avant tout il est donc important de spécifier dans quel contexte la caractérisation des spécificités motrices s'opère ainsi que les exigences et pertinences portées sur leurs résultats. Les modalités d'intervention du concepteur pour

caractériser les spécificités motrices sont définies. Selon le domaine d'action, le contexte peut suggérer des contraintes temporelles, d'organisations internes et environnementales. Il convient d'identifier les éléments capables d'influencer le bon déroulement de la caractérisation ainsi que les objectifs et les composantes de la caractérisation. Puis, il convient de sélectionner et/ou de développer des outils théoriques et technologiques pour la mesure des capacités motrices. Il est nécessaire de vérifier leur compatibilité avec les environnements d'intervention ainsi que la pertinence des données collectées.

Dans le projet RV-Lapalud, la caractérisation doit s'exécuter sur plusieurs terrains d'applications. Par exemple, il doit être possible de l'effectuer en laboratoire de recherche, au Conservatoire de musique, dans les instituts d'accueil spécialisés ou même au domicile les personnes en situation de handicap. Le temps passé à la caractérisation doit aussi être compatible avec les disponibilités des acteurs de ce projet. Le matériel de mesure doit être transportable, facile à installer, non-invasif et non-intrusif. L'utilisation d'une technologie comme la Kinect permettrait de répondre à ces besoins. L'objectif de la caractérisation dans ce projet est de modéliser les zones de mouvement de l'utilisateur. Plus précisément, à partir de ces mouvements, nous cherchons à identifier l'aire accessible et confortable avec la main gauche de l'utilisateur.

2) Analyser les spécificités motrices

La spécification du contexte des activités liées à la caractérisation, ainsi que le choix des outils théoriques et technologiques appropriés, permettent la génération d'un environnement expérimental dédié, dont l'objectif est de réaliser une activité primaire (AP). Cette AP, que nous proposons d'intégrer dans ce processus de conception, consiste à faire réaliser une tâche simple par l'utilisateur en prenant en compte l'environnement dans laquelle elle sera réalisée. Les tâches sont logiquement pré-orientées par celles qu'il utilisera à travers l'objet à concevoir. L'analyse de cette AP permet une collecte des performances motrices de l'utilisateur par le concepteur.

Pour le projet RV-Lapalud, la Kinect de Microsoft a été utilisée. Ce matériel low-cost intègre un algorithme pour déterminer automatiquement les articulations de l'utilisateur en trois dimensions et en temps réel. Pour notre processus CARACTH, la Kinect présente des avantages considérables : sans marqueurs et proposant une collecte de données rapides [18]. Ces caractéristiques permettent de réduire le temps requis pour l'installation de l'équipement et la récupération des données à analyser [19]. Pour formater les données de la Kinect, un outil logiciel en C# a été développé et adapté aux situations d'usages : *KinectLab*. Le SDK (Software Development Kit) KinectForWindow version 1.8 a été utilisé. A partir de cet outil, le concepteur propose des jeux aux utilisateurs. Un jeu correspond à une AP permettant d'analyser les spécificités physiques d'un utilisateur. A partir de cette activité, le concepteur peut capturer les actions physiques de l'utilisateur à partir du capteur de mesure Kinect et manager le processus de caractérisation. La Figure 3 présente une vue de

l'interface. L'interface permet par exemple l'optimisation aisée du placement de l'utilisateur devant la Kinect, la visualisation de ses actions en temps-réel, la sauvegarde des mesures du squelette numérique et la gestion d'une base de données.

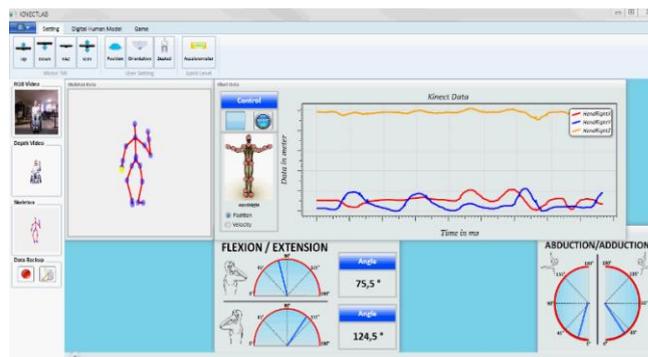


Figure 3. L'INTERFACE DU SYSTEME KINECTLAB

Pour le projet de conception, le protocole d'analyse des spécificités motrices est le suivant. Une AP de peinture virtuelle a été proposée à l'utilisateur. Pour réaliser cette AP, les gestes de l'utilisateur sont captés par le système KinectLAB. Le support de l'AP est une interface virtuelle bidimensionnelle. L'image de la caméra couleur de la Kinect est affichée sur cette interface pour que l'utilisateur visualise ses mouvements. Un curseur est positionné sur sa main gauche et se déplace en conséquence lorsque le corps bouge. L'utilisateur se situe à 2,35 mètres face à la Kinect (milieu des limites pratiques de profondeur du capteur). Le capteur est réglé à hauteur de son buste pour optimiser la détection des déplacements du corps dans le champ de vision de la Kinect. L'utilisateur doit ensuite recouvrir la plus grande surface avec sa main gauche. Pendant ce temps, les positions de la main gauche de l'humanoïde du système KinectLAB sont sauvegardées dans des fichiers textes.

3) Créer un modèle utilisateur

Le modèle utilisateur représente les facultés physiques sous forme de données statistiques, de graphiques ou de rapport. Il fournit des informations utiles pour l'équipe de conception dans le but de créer un système personnalisable aux capacités physiques de l'utilisateur. Pour le projet RV-Lapalud, le modèle a été généré par une méthode de densitogramme permettant de visualiser les déplacements du corps humain sur une interface utilisateur. Si l'objet à concevoir est en deux dimensions (horizontale et verticale), la méthode pour la génération d'un tel modèle est la suivante :

- Diviser le plan d'interface sous forme d'une grille bidimensionnelle. Chaque cellule de la grille est appelée « section ».
- Comptabiliser le nombre de passages d'une partie du corps pour chaque section.
- Assigner une couleur pour chaque section en fonction du nombre de passages enregistré dans cette section.

La Figure 4(a) représente le modèle utilisateur généré pour le projet RV-Lapalud. Nous constatons que l'utilisateur a utilisé

surtout le quart supérieur gauche de l'interface pour exécuter sa tâche.

D. Etape 4.1 Proposer une architecture produit modulaire

Pour offrir plus de souplesse et pour répondre plus rapidement à de nouveaux besoins, il est opportun de définir une architecture produit modulaire. Elle ajoutera de la personnalisation au futur système en proposant un module de base agrémenté de modules spécifiques conçus à partir des spécificités motrices de l'utilisateur. Si un même produit est manipulé par un autre utilisateur présentant des capacités motrices différentes et donc un modèle utilisateur différent, seuls les modules spécifiques seront à reconcevoir, voire à régler ou auto-ajuster. Dans le projet RV-Lapalud, nous nous sommes inspirés des travaux issus des instruments de musique augmentés [20]. Ils sont constitués d'une architecture produit que nous avons fait évoluer en trois sous-systèmes :

- un système de détection personnalisable aux capacités motrices de l'utilisateur par rapport à ce qu'il sait faire
- un système opératif personnalisable aux résultats sonores
- un système de commande personnalisable aux jeux musical. Il permet une réorganisation des possibilités gestuelles de l'utilisateur avec le résultat sonore attendu.

E. Etape 4.2 et Etape 5 Proposer et évaluer la solution de conception

Avant de proposer une solution de conception, il convient de spécifier l'objet de conception de l'utilisateur. Le système proposé est composé d'une Kinect pour détecter les actions physiques gestuelles (actions de contrôle) de l'utilisateur et pour les transformer en actions numériques (message de contrôle). Il intègre aussi une interface personnalisée aux capacités motrices de l'utilisateur générée à partir de son modèle utilisateur Cette interface permet de renvoyer à l'utilisateur un feedback visuel de ses actions. Cette interface est virtuelle et bidimensionnelle. Une silhouette de l'utilisateur est affichée sur cette interface. Un curseur est positionné sur une partie de son corps et se déplace en conséquence lorsque le corps bouge. Des boutons virtuels sont affichés et un son synthétisé (issu d'un logiciel de musique) est joué si l'utilisateur déplace le curseur à l'intérieur de ces boutons. La position, la taille, la hauteur et le nombre de boutons virtuels sont définis à partir des mouvements confortables de l'utilisateur et du type d'action à réaliser. Sur cette interface personnalisable une image de fond a été ajoutée. Elle permet de personnaliser l'interface de l'utilisateur à l'ambiance et au texte de la musique jouée.

Au regard du modèle utilisateur généré, il est possible de définir les zones sur-sollicitées des mouvements de l'utilisateur avec la main gauche. Après discussion avec l'utilisateur, les musiciens et les compositeurs, quatre zones ont été localisées (Figure 4(a)). Ces zones représentent l'emplacement des futurs boutons virtuels de l'interface personnalisable. Quatre sons différents pourront ainsi être

joués. Les séances pour l'évaluation de la solution de conception ont été organisées avec l'utilisateur en situation de handicap et l'ensemble des acteurs qui auront recours au système musical lors des activités du concert. L'objectif de l'évaluation est de trouver le meilleur compromis entre les capacités motrices de l'utilisateur et les attentes sonores, mais aussi par exemple de définir l'emplacement du système sur scène. Deux séances d'apprentissages ont été nécessaires avec l'utilisateur pour qu'il s'entraîne à manipuler son interface sur les morceaux composés. L'évaluation centrée sur l'utilisateur a montré que l'interface générée à partir de son modèle lui a permis d'exécuter la tâche facilement et surtout sans effort. Par contre, elle n'était pas optimisée pour le jeu musical proposé pour le concert. Certains boutons virtuels n'étaient pas assez espacés. L'utilisateur allait du bouton B1 à B3 en activant involontairement le bouton B2 (voir Figure 4(b)). Une nouvelle interface a ainsi été réajustée pour résoudre ce fonctionnement non-souhaité.

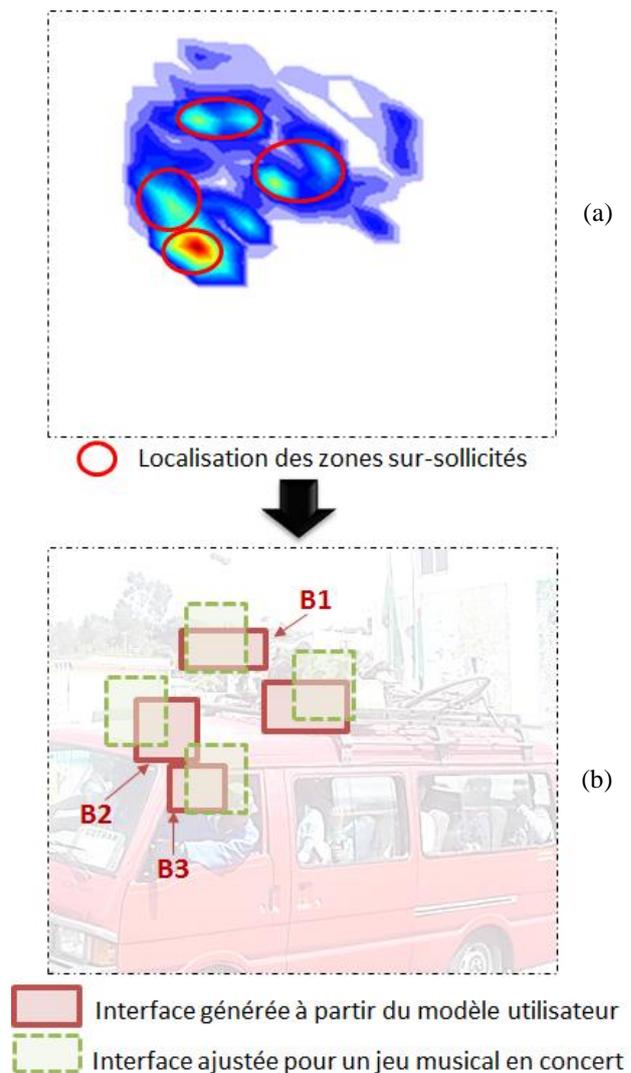


Figure 4. LE MODELE UTILISATEUR AVEC LES ZONES SUR-SOLLICITEES (A), INTERFACE UTILISATEUR GENEREE ET AJUSTEE APRES EVALUATION (B)

IV. DISCUSSION

Ce travail a permis de proposer un processus de conception adapté à la conception d'aides techniques pour les personnes en situation de handicap moteur. Elle permet de lier la caractérisation des spécificités des usagers et la conception d'un produit. Des outils adaptés aux situations d'usages ont été intégrés pour assurer le succès des étapes de conception.

Le système KinectLAB conçu permet une capture des données en temps-réel. Dans notre contexte, ce gain de temps est synonyme de grande qualité. Il est plus facile et plus rapide de proposer des solutions de conception aux utilisateurs tout en leur donnant la possibilité de réaliser une activité précise. Ce facteur est crucial pour réduire les temps de R&D. Grâce au système KinectLAB, le temps passé à la caractérisation des spécificités motrices et aux tests de l'interface avec l'utilisateur a représenté seulement 1h soit 1,4% du temps de travail passé sur ce projet de concert RV-Lapalud.

Notre architecture produit modulaire a facilité l'enchaînement des nouvelles phases d'itérations de conception. Elle a permis un développement et une amélioration continue du produit par un affinement progressif des solutions de conception. En effet, nous avons pu valider indépendamment chaque élément de notre architecture produit modulaire, ce qui a facilité les paramétrages, l'implémentation des options de personnalisation et les évaluations des systèmes. Lors d'une mise à jour du produit, il ne sera pas nécessaire de re-concevoir le produit en entier. De plus, les exigences des utilisateurs sont très évolutives. En effet, les musiciens ne connaissent pas les techniques et les technologies pour la réalisation des systèmes adaptés. A chaque projet de conception, ils découvrent de nouvelles possibilités en permanence et sont de plus en plus demandeurs de nouveautés techniques et sonores. Notre architecture produit modulaire permet de répondre à ces exigences. Le projet RV-Lapalud a permis des échanges riches, dans une ambiance de travail alliant plaisirs et exigences. Les témoignages des acteurs participant à l'organisation de ce projet sont très motivants et démontrent que la création de *ces activités pour tous* favorise la participation et le partage de la musique.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif principal était de contribuer à l'établissement d'une démarche de conception de produits centrés sur les capacités motrices d'un utilisateur en situation de handicap. La proposition d'un processus et son application ont montré que la caractérisation des spécificités motrices permet d'obtenir des éléments essentiels sur les performances de l'utilisateur pour effectuer des mouvements dans son environnement. Ces informations ont été pertinentes pour proposer des systèmes personnalisables aux possibilités gestuelles de l'utilisateur et qui répondent à nos critères d'utilisabilité. Les outils déployés pour la caractérisation des spécificités motrices ont la particularité d'être adaptés pour des études de terrain présentant des contraintes de temps importantes et des moyens financiers limités. L'étape suivante de notre étude sera d'appliquer notre méthodologie CARACTH dans d'autres

projets de conception et avec un plus large panel d'utilisateurs en situation de handicap. Il serait bon de développer de nouveaux outils théoriques et technologiques afin de compléter notre « bibliothèque d'outils » pour la caractérisation des spécificités motrices.

VI. REFERENCES

- [1] J. Bascou, « Analyse biomécanique pour la compréhension et l'amélioration du fauteuil roulant dans son application au tennis de haut niveau », Thèse, Arts et Métiers ParisTech, 2012.
- [2] A. Pruski, « A unified approach to accessibility for a person in a wheelchair », *Robot. Auton. Syst.*, vol. 58, n° 11, p. 1177-1184, nov. 2010.
- [3] *ISO 9241-210:2010. Ergonomie de l'interaction homme-système -- Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs.* International Organization for Standardization, 2010.
- [4] E. Brangier et J. Barcenilla, *Concevoir un produit facile à utiliser : Adapter les technologies à l'homme.* Paris: Editions d'Organisation, 2003.
- [5] B. Shackel et S. J. Richardson, *Human Factors for Informatics Usability.* Cambridge University Press, 1991.
- [6] M.-Y. Ma, F.-G. Wu, et R.-H. Chang, « A new design approach of user-centered design on a personal assistive bathing device for hemiplegia », *Disabil. Rehabil.*, vol. 29, n° 14, p. 1077-1089, juill. 2007.
- [7] A. Holzinger, « User-Centered Interface Design for Disabled and Elderly People: First Experiences with Designing a Patient Communication System (PACOSY) », in *Computers Helping People with Special Needs*, K. Miesenberger, J. Klaus, et W. Zagler, Éd. Springer Berlin Heidelberg, 2002, p. 33-40.
- [8] R. L. Mace, G. J. Hardie, et J. P. Place, *Accessible Environments: Toward Universal Design.* North Carolina State University: Center for Accessible Housing, North Carolina State University, 1990.
- [9] R. F. Erlandson, « Universal and Accessible Design for Products, Services, and Processes », p. 288, 2007.
- [10] K. Wallace et L. T. M. Blessing, *Engineering Design: A Systematic Approach.* Springer Science & Business Media, 2007.
- [11] G. Harmel, « Vers une conception conjointe des architectures du produit et de l'organisation du projet dans le cadre de l'Ingénierie Système. », phdthesis, Université de Franche-Comté, 2007.
- [12] O. Plos, S. Buisine, A. Aoussat, F. Mantelet, et C. Dumas, « A Universalist strategy for the design of Assistive Technology », *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 42, n° 6, p. 533-541, nov. 2012.
- [13] Z. O. Abu-Faraj, Éd., *Handbook of Research on Biomedical Engineering Education and Advanced Bioengineering Learning: Interdisciplinary Concepts.* American University of Science and Technology: IGI Global, 2012.
- [14] J. Reswick, *What is rehabilitation engineering?*, Annual Review of Rehabilitation., vol. 2, 1982.
- [15] K. Z. Gajos, J. O. Wobbrock, et D. S. Weld, « Automatically Generating User Interfaces Adapted to Users' Motor and Vision Capabilities », in *Proceedings of the 20th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, New York, NY, USA, 2007, p. 231-240.
- [16] S. K. Kane, J. O. Wobbrock, et I. E. Smith, « Getting off the Treadmill: Evaluating Walking User Interfaces for Mobile Devices in Public Spaces », in *Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, New York, NY, USA, 2008, p. 109-118.
- [17] C. Bühler, « Approach to the analysis of user requirements in assistive technology », *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 17, n° 2, p. 187-192, févr. 1996.
- [18] R. A. Clark, Y.-H. Pua, K. Fortin, C. Ritchie, K. E. Webster, L. Denehy, et A. L. Bryant, « Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control », *Gait Posture*, vol. 36, n° 3, p. 372-377, juill. 2012.
- [19] L. Mündermann, S. Corazza, et T. P. Andriacchi, « The evolution of methods for the capture of human movement leading to markerless motion capture for biomechanical applications », *J. NeuroEngineering Rehabil.*, vol. 3, p. 6, mars 2006.
- [20] E. R. Miranda et M. M. Wanderley, *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard.* A-R Editions, Inc., 2006.