



# Espaces d'Informations Personnelles : Utilisabilité et Modification Utilisateurs

Claudia Detraux, Dominique Scapin

► **To cite this version:**

Claudia Detraux, Dominique Scapin. Espaces d'Informations Personnelles : Utilisabilité et Modification Utilisateurs. Journal d'Interaction Personne-Système, Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (AFIHM), 2014, 3 (2), pp.1-23. hal-01165326

**HAL Id: hal-01165326**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01165326>**

Submitted on 22 Jun 2015

**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.

# Espaces d'Informations Personnelles : Utilisabilité et Modification Utilisateurs

CLAUDIA DETRAUX

Bertin Ergonomie, Montigny-le-Bretonneux

DOMINIQUE SCAPIN

INRIA Rocquencourt

Résumé : Cet article présente une étude sur l'utilisabilité d'un nouveau prototype de système de gestion des informations personnelles sur Internet (PIMI). Les objectifs sont d'évaluer sa facilité d'utilisation, et d'évaluer la modification utilisateur comme technique d'évaluation. Trente utilisateurs ont participé à l'expérience : une première partie consistait en un test utilisateur classique (TUC) et une seconde partie était un test d'utilisabilité avec modifications utilisateur (TUM). Un total de 51 problèmes d'utilisabilité a été diagnostiqué. Parmi eux, 32 ont été identifiés avec TUC, et 19 avec TUM. Une partie de ces derniers (11) s'ajoute à ceux identifiés avec TUC, et à ceux diagnostiqués précédemment lors d'une inspection de l'utilisabilité (IU avec Critères Ergonomiques). La participation active des utilisateurs au travers de scénarios de personnalisation semble fournir des indices supplémentaires pour l'évaluation de l'utilisabilité et pour la conception (nouvelles recommandations génériques d'utilisabilité).

Mots clés : Utilisabilité ; méthodes d'évaluation ; modifications utilisateur ; e-gov. ; informations personnelles.

Abstract: This paper presents a study on the usability of a new prototype system for managing personal information on the Internet (PIMI). The objectives are to assess its ease of use, and assess user modification as an evaluation technique. Thirty users participated in the experiment: the first part was a classical usability test (TUC) and a second part was a usability test with user modifications (TUM). A total of 51 usability problems were diagnosed. Among them, 32 with TUC, and 19 with TUM. Part of the latter (11) adds to those identified with TUC, and those previously diagnosed during a usability inspection (IU with Ergonomic Criteria). The active participation of users through customization scenarios seems to provide additional clues for evaluating usability and for design (new generic usability recommendations).

Key words: Usability ; evaluation methods ; user modifications ; e-government ; personal information.

---

Adresse des auteurs : Dominique Scapin ([dominique.scapin@inria.fr](mailto:dominique.scapin@inria.fr)), INRIA, Domaine de Voluceau, 78153 Le Chesnay Cedex, France. Claudia Detraux ([claudia.detraux@bertin.fr](mailto:claudia.detraux@bertin.fr)), BERTIN Ergonomie, 10Bis Avenue Ampère, 78180 Montigny-le-Bretonneux, France.

Les articles de JIPS sont publiés sous licence Creative Commons Paternité 2.0 Générique.

## 1. INTRODUCTION

Les PIMs (Personal Information Management systems) envahissent notre vie quotidienne, comme citoyens, consommateurs, employés, et notre cercle familial, amical, etc. Plusieurs types d'outils sont disponibles pour supporter ces activités et ainsi organiser les différentes données personnelles. Ces systèmes se doivent d'être utilisables, notamment pour atteindre l'objectif des initiatives gouvernementales de dématérialisation des procédures. Cette étude a été menée au sein du projet ANR-PIMI (Personal Information Management through Internet) dont l'objectif est l'élaboration d'un Espace d'Informations Personnelles (EIP) et de se doter de logiciels, dont un outil permettant de saisir, organiser et récupérer les informations dites personnelles. Cet EIP est géré à travers l'Internet et aidera à réaliser les différentes téléprocédures du type e-gouvernement (par exemple : demande d'un passeport, paiement des impôts, etc.).

Cet EIP est plus générique qu'un "profil client", ou que des formulaires spécifiques requis par les différentes procédures. Cet EIP appartient à l'utilisateur avec l'ensemble de ses données personnelles. Les autres formulaires pourront ainsi être un sous-ensemble de ces données avec des objectifs spécifiques (par exemple : demande de bourse étudiant, de passeport, de logement, paiement des impôts, etc.). Cet EIP pourra alimenter ces formulaires et "profils clients", et ainsi faciliter les différentes démarches et le remplissage.

Cette étude fait suite à un travail qui a contribué de manière itérative au prototype actuel. Plusieurs études d'utilisabilité ont été réalisées [Scapin et al. 2011] : une *analyse de formulaires* administratifs ; trois *focus groups* sur le stockage et le partage d'informations ; un *questionnaire* en ligne sur les mêmes thèmes pour élargir la population ; une étude de *card-sorting* pour valider les catégories créées par les utilisateurs et aussi leurs façons de les organiser. Une maquette PIMI a ensuite été élaborée. Une autre étude [Detraux and Scapin 2012] a complété cette approche par une expérimentation. Son objectif était de valider le contenu et la structure d'items d'information proposés au travers d'une maquette partiellement modifiable sur requête des utilisateurs. Les résultats ont permis de valider la structure d'items du futur espace personnel, de commencer à analyser les modifications suggérées par l'utilisateur comme indices d'évaluation et de proposer des recommandations pour améliorer son utilisabilité.

L'étude actuelle concerne l'évaluation ergonomique du nouveau prototype PIMI. Une expérimentation a été menée avec 30 participants. Elle se composait d'une partie test utilisateur classique (TUC) et d'une deuxième partie où les utilisateurs ont été invités à modifier le prototype (TUM). L'objectif était double : évaluer l'utilisabilité d'un prototype avancé de PIMI (contenu, structure et personnalisation), et étudier le rôle de différentes méthodes dans le diagnostic de problèmes d'utilisabilité. Les résultats du TUC et du TUM ont été comparés. Puis, ces résultats ont été confrontés à une Inspection de l'utilisabilité (IU) réalisée auparavant.

Cet article propose d'abord une revue bibliographique sur les PIMs, les interfaces modifiables, et la comparaison de méthodes d'évaluation de l'utilisabilité. Puis l'expérimentation est décrite (méthode, procédure, matériel, participants), ainsi que les principaux résultats obtenus. La discussion évoque les aspects méthodologiques et la conclusion résume les principaux enseignements et quelques pistes de recherche pour le futur.

## 2. TRAVAUX CONNEXES

**Personal Information Management systems (PIMs)** : le domaine des systèmes de gestion de l'information personnelle se réfère notamment aux études sur la manière dont les utilisateurs gèrent leurs données et documents personnels. Du point de vue de l'utilisabilité, la littérature n'est pas encore très riche. Certains aspects sont couverts en partie dans les conférences de type CSCW [CSCW13-1, 2013], bien sûr principalement sur la coopération, les groupes, les interactions sociales, et sur les aspects sociétaux dans [Oakley and Salam 2012]. D'autres articles sont plus directement concernés par les utilisateurs, comme «un écosystème numérique personnel de l'utilisateur» [Kay and Kummerfeld 2012], ou l'évolution de l'utilisation des tablettes [Buttfield-Addison et al. 2012], ou la vie privée [Ploderer et al. 2012] et [Rawassizadeh 2012]. Certaines contributions concernent la facilité de remplissage de formulaires dans [Zimmerman and Lorentz 2002], [Winckler et al. 2011], la recherche sur le web [Nitsche and Nuernberger 2012], et la flexibilité entre les périphériques [Ardito et al. 2012]. Certaines études longitudinales ont permis de mieux comprendre la prise de notes et l'archivage des informations [Van Kleek et al. 2011], ou les pratiques mobiles [Lindroth and Bergquist 2008]. Cependant, peu d'apports nouveaux sur l'évaluation de l'utilisabilité, par rapport à [Detraux and Scapin, 2012, op. cit.] ont été évoqués au delà des problèmes d'organisation et de récupération de l'information au sein des structures hiérarchiques, encore les plus répandues et préférées des utilisateurs [Evequoz and Lalanne 2009], [Henderson 2009], [Henderson and Srinivasan 2009], [Voit et al. 2009], mais qui montrent aussi les difficultés des utilisateurs avec la création de structures hiérarchiques cohérentes et significatives, ainsi qu'avec la dénomination des catégories et rubriques. L'expérience décrite ici tente d'aller plus loin sur ces questions de structure et de dénomination des informations personnelles.

Par ailleurs, nous avons analysé 15 outils <sup>1</sup>. La plupart (#1, #2, #3, #4, #5, #7, #8, #11, #12, #13, #15) proposent les fonctions suivantes : agenda, calendrier, contacts, recherche, gestionnaire des mots de passe, notes ; la dénomination des concepts/items est un problème pour quelques outils (#1, #4, #7) ; une structure d'information déjà établie est rarement proposée ; l'outil (#9) propose une structure à plusieurs niveaux de catégories/informations, et (#1) et (#14) présentent des structures simples de stockage des documents ; (#9), (#14) ne permettent pas la saisie de données, mais uniquement le chargement des fichiers ; par ailleurs la plupart permettent de construire des catégories de notes/sous-notes, de tâches. Côté contenu, on constate notamment, à part pour (#9), l'absence de structuration/format d'informations de type : identité, famille, santé, revenus, papiers d'identité, parcours professionnel, etc. Les interfaces sont assez similaires. Une personnalisation de l'interface est possible dans (#1, #3, #8, #10, #15), dont les principaux paramètres modifiables sont : couleur, taille de la fenêtre, langue, position et affichage des menus / boutons, mais pas le contenu. L'expérience décrite ici englobe les aspects « contenu informationnel » (et structure).

**Modifications Utilisateurs** : un travail précédent [Detraux and Scapin 2012, op. cit.] a proposé une revue bibliographique sur les interfaces modifiables. Depuis, peu de

<sup>1</sup> (#1 [www.essentialpim.com](http://www.essentialpim.com), #2 [www.thebrain.com](http://www.thebrain.com), #3 [www.essentialpim.com](http://www.essentialpim.com), #4 [www.winpim.com](http://www.winpim.com), #5 [www.lifemanagerpro.com](http://www.lifemanagerpro.com), #6 [www.azzcardfile.com](http://www.azzcardfile.com), #7 [www.pimonline.com](http://www.pimonline.com), #8 [www.pimone.com/pimone.htm](http://www.pimone.com/pimone.htm), #9 [www.myarchivebox.com](http://www.myarchivebox.com), #10 [www.evernote.com](http://www.evernote.com), #11 <http://code.google.com/p/keynote-nf>, #12 <http://www.treepad.com>, #13 [www.milenix.com](http://www.milenix.com), #14 [www.android-software.fr/pocket-docs](http://www.android-software.fr/pocket-docs), #15 [www.gmail.com](http://www.gmail.com))

nouvelles contributions ont été identifiées au-delà de [Mørch and Mehandjiev 2000], [Zhu et al. 2011], [Demunieux et al. 2008], [Dörner et al. 2011] qui traitent de la modification utilisateur lors de la conception et le développement de systèmes (notamment les échanges entre utilisateurs et concepteurs), son utilisabilité et son impact sur les mesures d'utilisabilité. D'autres articles traitent plutôt de questions comme les systèmes de recommandations [Heung-Nam et al. 2013], réseaux sociaux [Zimmerman and Lorentz 2002], jeux [Gamberini et al. 2012], environnements physiques [Lindroth and Bergquist 2008], e-learning [Kolås and Staupe 2007], etc. En résumé, la modification a plutôt été utilisée jusqu'à maintenant dans la littérature pour aider la communication concepteurs-utilisateurs, mais pas comme moyen d'évaluation de l'utilisabilité. Le travail précédent à cette étude réalisée avec une maquette a permis déjà de constater le caractère participatif de cette démarche de modification, ce qui semble stimuler l'utilisateur futur. On constate que la possibilité de personnaliser l'interface aide à lever le blocage participatif dans un test utilisateur, ce qui peut aider dans un processus d'évaluation de l'utilisabilité.

Cette étude tente d'apporter de nouveaux résultats empiriques sur ce point. Pour cela, le principe a été de proposer à des utilisateurs d'effectuer eux-mêmes les modifications qu'ils souhaitent sur le contenu et la structure du prototype, à leur guise ou selon un scénario.

**Méthodes d'Évaluation de l'Utilisabilité** : de nombreuses méthodes sont proposées dans la littérature (voir [Scapin et al. 2008] et (pour Test Utilisateurs et Inspection) voir ISO 16982 [ISO/TR 16982. 2002], notamment 5.1 *Methods which imply the direct involvement of users*, et 5.2 *Methods which do not imply the direct involvement of users*). Leur comparaison est longue et complexe, en particulier lorsque l'on suit des lignes directrices et critères tels que dans [Gray and Salzman 1998], [Hartson, et al. 2001]. Lors d'un examen approfondi de la littérature [Bach and Scapin 2010] diverses questions ont été rapportées (voir [Cockton et al. 2003], [Gray and Salzman 1998], [Hartson et al 2001], [Hornbæk and Frøkjær 2005]), comme l'utilisation de mesures appropriées, la gravité des problèmes d'utilisabilité, leur authenticité, la rigueur des analyses, les problèmes d'interprétation des problèmes et leur similitude. Dans cette étude, nous avons tenté de pallier ces difficultés grâce à un soin particulier au codage de problèmes. Cependant, alors que nous avons utilisé un assez grand nombre de participants pour l'expérience, l'inspection ergonomique a, quant à elle, été coréalisée par seulement 2 experts, contrairement à l'étude citée [Bach and Scapin 2010, op. cit.].

### 3. EXPERIMENTATION

L'objectif de l'expérimentation est d'évaluer le prototype PIMI en obtenant des informations sur le comportement intuitif de l'utilisateur. Les objectifs spécifiques sont de : (1) vérifier l'utilisabilité de l'interface du système pour saisir des informations, retrouver des items, et personnaliser la dénomination des catégories, des rubriques, changer l'ordre d'affichage, masquer des catégories et rubriques ; (2) vérifier si la dénomination des catégories, rubriques et items est compréhensible et convient aux utilisateurs ; (3) vérifier si la structure proposée est compréhensible et acceptée par les utilisateurs ; (4) vérifier si les utilisateurs souhaitent modifier leurs espaces personnels ; et conjointement vérifier si les scénarios de modification apportent des indices additionnels à l'évaluation ergonomique, par rapport aux scénarios classiques.

Les mesures étaient répétées (plan intra) ; les variables indépendantes étant les caractéristiques des participants; et la variable dépendante étant le comportement des sujets (temps, difficultés, erreurs, etc.). Le prototype était le même pour tous les participants et les tâches. L'étude étant qualitative, l'analyse a porté essentiellement sur un examen détaillé des opérations effectuées (nature des modifications), les données se prêtant mal à des statistiques inférentielles, à cette étape.

**Méthode et procédure :** Les séances ont été réalisées individuellement et accompagnées par l'expérimentateur qui a présenté le projet, expliqué les objectifs de l'expérimentation et le prototype (comment naviguer, saisir, enregistrer et modifier le PIMI) ; questionné les participants ; les a incités et motivés à parler de leurs difficultés en rapport aux tâches, à l'outil, aux données. De leur côté, les participants devaient réaliser les tâches demandées par l'expérimentateur, répondre aux questionnaires et exprimer leur opinion. Pour mettre les participants en situation, on a choisi de mener les séances dans leur propre environnement de travail (dans leurs bureaux pour les chercheurs et le personnel administratif) ou d'étude (salle d'informatique pour les étudiants). De cette façon, ils pouvaient accéder facilement à leurs effets personnels (sac, portefeuilles, agendas, ordinateurs personnels ou de travail), pour la réalisation des tâches demandées. Le prototype a été présenté sur un ordinateur portable et les séances enregistrées avec un logiciel de capture d'écran (vidéo et son).

Un *test-pilote* a été réalisé avec un sujet de formation ingénieur. Cela a permis de valider la consigne et le discours de l'expérimentateur ainsi que de calibrer la durée des sessions. Les séances se sont déroulées en 3 phases principales :

- **Présentation du projet et de l'application** (comment naviguer, saisir les données et effectuer les modifications). Les participants sont invités à penser à voix haute pendant l'exécution des tâches.

- **Travail sur Scénarios** : Dans une **première partie**, 4 scénarios ont été proposés consécutivement :

Scénario 1 : tâches d'identification personnelle (saisir nom, prénom, informations de la carte d'identité, adresse, téléphone). L'objectif est de laisser l'utilisateur se familiariser avec l'outil, naviguer, découvrir son contenu et commencer à se l'approprier;

Scénario 2 : tâches qui concernent les contacts professionnels et le parcours étudiant ; L'objectif est de vérifier si les utilisateurs trouvent facilement les rubriques dans la structure, s'ils arrivent à bien naviguer, sauvegarder les données saisies et à charger des documents. Dans les travaux précédents la classification de ces rubriques et items a identifié quelques conflits ([Scapin et al. 2011], [Detraux and Scapin 2012]).

Scénario 3 : tâches de saisie dans 2 types de formulaires. L'objectif est de vérifier si les utilisateurs comprennent leurs différences, et s'ils ont des difficultés à retrouver les informations;

Scénario 4 : tâches destinées à vérifier (chemin parcouru) si les redondances proposées sont comprises et utilisées.

Dans une **deuxième partie**, un des objectifs était d'étudier le caractère modifiable d'un système de ce type par les utilisateurs afin d'adapter leur espace personnel selon leurs besoins et envies. Deux étapes sont proposées :

Étape 1 (*Modifications par consigne*) : scénario avec consignes expérimentales de modifications, afin de surtout vérifier la facilité à les réaliser et le(s) chemin(s) utilisés pour les effectuer (fonction « Personnaliser le PIMI » ou « Options de Personnalisation » de « Saisir et Visualiser les Informations »).

Étape 2 (*Modifications à l'initiative des participants*) : scénario demandant de parcourir toute la structure du PIMI et d'effectuer des modifications selon les souhaits des participants.

Finalement dans une **troisième partie**, les participants ont répondu à un questionnaire composé de 2 sections :

- La *première section* comportait des questions spécifiques sur l'aspect modification, pour comprendre l'acceptation de cette étape ainsi que les préférences des utilisateurs pour ce type de modification, ainsi que les difficultés à la réaliser.
- La *deuxième section* comportait des questions plus générales sur le système PIMI et sur les améliorations souhaitées. Les questions sont « fermées » (oui/non ou liste d'options). Cependant, l'expérimentateur encourage l'utilisateur à justifier ses réponses oralement (enregistrement audio) ou par écrit.

**Participants** : Les séances ont été réalisées avec 30 participants (10 chercheurs, 10 personnels administratifs et 10 étudiants), dont 16 participants masculins (53,3%) et 14 participants féminins (46,6 %). La moyenne d'âge est de 36,06 ans (sd. 16,8).

Dans la catégorie « chercheurs », 8/10 des participants sont masculins (80%), et 2/10 féminins (20%). La moyenne d'âge est de 47,5 ans (sd. 17,48).

Dans la catégorie « personnel administratif », 9/10 des participants sont féminins (90%), et 1/10 masculin. La moyenne d'âge est de 41,2 ans (sd. 11,4).

Dans la catégorie « étudiants », 7/10 participants sont masculins (70%) et 3 participants féminins (30%). La moyenne d'âge est de 19,5 ans (sd. 1,17).

### **Matériel :**

*Items d'Information* : Les résultats des études précédentes [Detraux et Scapin 2012] ont abouti à une structure de 73 items d'information, avec 10 catégories, et 35 rubriques (voir Tableau 1).

*Matériel Expérimentateur* : Un logiciel de capture vidéo (NCH Software) permet d'enregistrer en vidéo (écran) les séances ainsi que les commentaires des participants pendant l'exécution des scénarios (avec la permission des utilisateurs). Des check-lists sont également remplies par l'expérimentateur afin de noter les informations les plus pertinentes, et les évènements importants.

*Matériel Participants* : Ordinateur portable avec prototype / logiciel de capture installé ; fiches de description des scénarios et tâches à accomplir ; fiches additionnelles pour les cas où l'utilisateur n'a pas sur lui les données à saisir (l'expérimentateur lui fournit une fiche qui simule une carte de visite d'un médecin spécialiste, d'un collègue, etc.) ; fichiers à charger qui sont demandés dans les scénarios, comme : *carte d'identité fictive.jpg*, *parcours universitaire fictif.pdf*. ; questionnaire final comportant des questions sur l'application, son utilisation et le degré d'adoption d'un tel système. Ce

questionnaire comporte une partie spécifique sur la modification et la participation utilisateurs.

<b>Nouvelle Structure</b>	
<b>1. <u>Identité</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identité &amp; Coordonnées personnelles</li> <li>- Pièces d'Identité (<i>Redondance avec Papiers</i>)</li> <li>- Famille</li> </ul>
<b>2. <u>Travail</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Travail actuel &amp; Coord. pro.</li> <li>- Parcours professionnel</li> <li>- Parcours étudiant</li> <li>- Contacts pro. (<i>Redondance avec Contacts</i>)</li> </ul>
<b>3. <u>Papiers</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pièces d'Identité (<i>Redondance avec Identité</i>)</li> <li>- Bulletins de salaire</li> <li>- Carte vitale</li> </ul>
<b>4. <u>Contacts</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contacts personnels</li> <li>- Contacts pro. (<i>Redondance avec Travail</i>)</li> </ul>
<b>5. <u>Agenda</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agenda personnel</li> <li>- Agenda professionnel</li> </ul>
<b>6. <u>Transports</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transport individuel</li> <li>- Transport collectif</li> </ul>
<b>7. <u>Codes :</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Codes d'entrée</li> <li>- Codes de verrouillage</li> <li>- Codes de téléphones</li> <li>- Mots de passe d'accès</li> <li>- Codes site internet</li> <li>- Codes carte paiement</li> </ul>
<b>8. <u>Finances :</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revenus &amp; allocations</li> <li>- Placements</li> <li>- Emprunts</li> <li>- Compte(s) bancaire(s)</li> </ul>
<b>9. <u>Impôts</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revenu fiscal de référence</li> <li>- Total de réduction d'impôts</li> <li>- Tranche d'imposition</li> <li>- Taxe foncière</li> <li>- Taxe habitation</li> </ul>
<b>10. <u>Santé</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sécurité sociale &amp; Mutuelle</li> <li>- Médecins</li> <li>- Dossier Médical</li> <li>- Personne à contacter en cas d'urgence</li> </ul>

Tableau 1 : Catégories et Rubriques

*Prototype PIMI* : Le prototype évalué (V 0.3, version PC) a été mis à disposition localement et accédé par le navigateur Firefox sur une plateforme Windows. Deux fonctions principales étaient disponibles pour les tests :

- « **Saisir/visualiser les informations** » : permet à l'utilisateur de visualiser l'espace personnel d'information (catégories/rubriques et items d'information), de saisir ses informations dans l'espace ainsi que de les éditer/corriger.
- « **Personnaliser le PIMI** » : permet de changer les dénominations, l'ordre d'affichage, de masquer catégories et rubriques.

Les Figures suivantes montrent des images capturées du prototype.

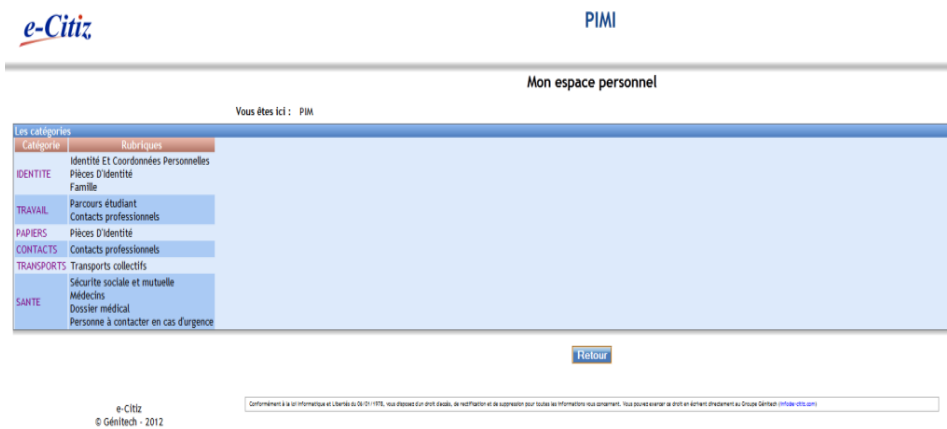


Figure 1. Écran du prototype PIMI (Mon espace personnel)

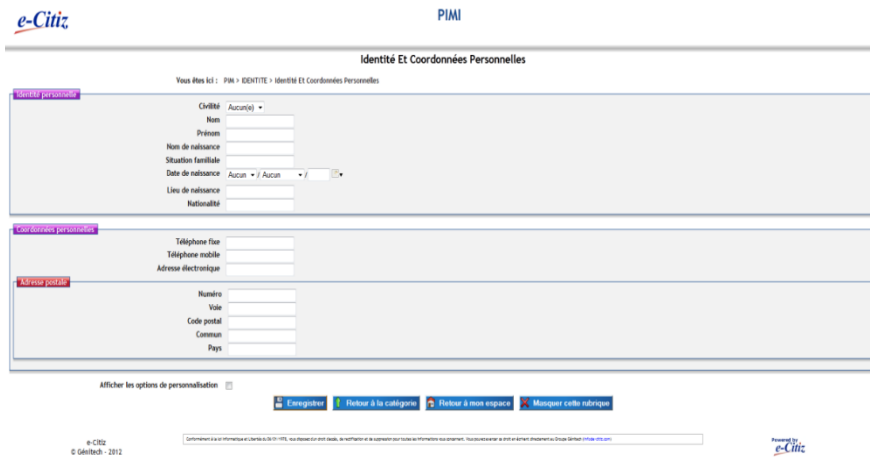


Figure 2. Écran du prototype PIMI (Identité et Coordonnées personnelles)

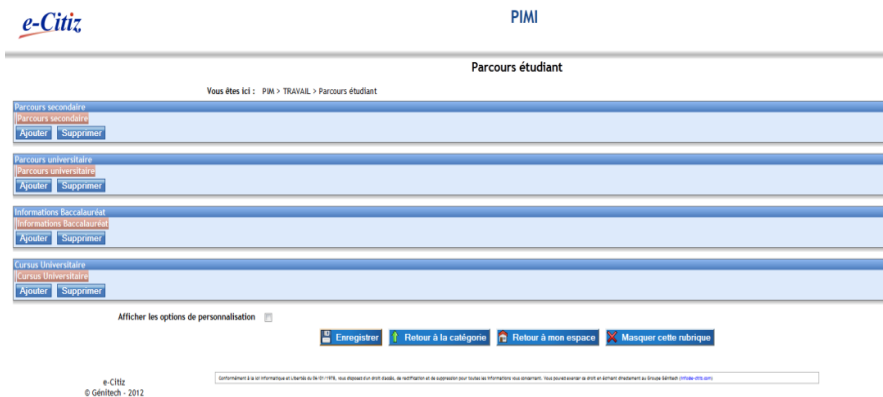


Figure 3. Écran du prototype PIMI (Parcours étudiant)

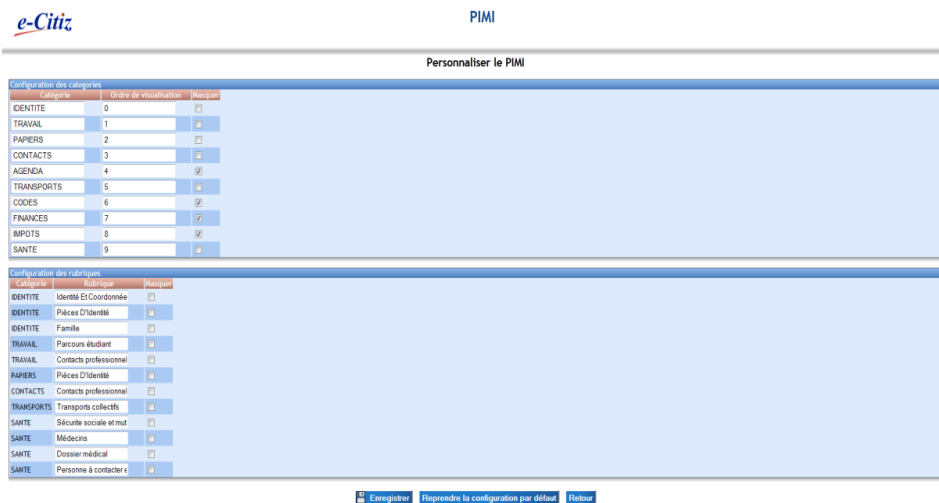


Figure 4. Écran du prototype PIMI (Personnaliser le PIMI)

#### 4. RESULTATS

Cette partie présente les résultats de l'expérimentation. Nous avons réalisé au total 30 séances avec utilisateur. Tous les participants ont réalisé toutes les étapes et ont autorisé l'enregistrement.

**Durée des séances :** la durée moyenne a été de 46,93 minutes (sd. 10,16). Dans la catégorie « chercheurs », la moyenne est de 46,3 minutes (sd. 8,38) ; pour les

« personnels administratifs » de 51,9 minutes (sd. 11,76) ; et pour les « étudiants » de 42,6 minutes (sd. 8,69).

Les analyses sont basées sur les « difficultés » et les « erreurs », ainsi que sur les commentaires des participants. Les difficultés englobent les délais pour trouver une information, une navigation confuse, un temps d'inactivité ; les erreurs sont des actions erronées ou sans lien ; les commentaires sont exprimés par les participants pendant les séances ou lors du questionnaire. La plupart des commentaires renforcent des difficultés ou erreurs observées. On peut remarquer que les problèmes ont été détectés à partir des erreurs et difficultés observées (33%), des commentaires des participants (27%), et 40% par les deux moyens (*voir la discussion qui détaille cet aspect*).

**Groupes de participants** (voir Tableau 2) : on constate, pour TUC, des nombres d'erreurs similaires. Pour TUM, en termes de modifications, les étudiants ont plus modifié (19 dénominations, 37 masquages et 34 ordres, pour un total de 90), tandis que les administratifs en ont effectué moins (16 dénominations, 32 masquages, et 34 ordres, pour un total de 75), et les chercheurs encore moins 50 (7 dénominations, 34 masquages, et 9 ordres, pour un total de 50).

	Chercheurs	Administratifs	Étudiants
<b>Erreurs TUC</b>	39/124	42/124	43/124
<b>Modifs TUM</b>	50	75	90

Tableau 2 : Erreurs et modifications par groupe

Globalement, il semble que les utilisateurs les plus jeunes (étudiants) inclinent plus à proposer et adapter leur espace personnel.

Les réponses au questionnaire ont d'ailleurs montré que les seuls avis négatifs sur la facilité d'adaptation (5 participants) viennent de 3 chercheurs et de 2 administratifs.

**Difficultés à trouver des informations** L'accès aux catégories et sous-catégories n'est pas vraiment un problème, contrairement à trouver certains items individuels (voir Tableau 3).

	Difficultés	Items
<b>Scénario 1</b>	16,1%	Parents
<b>Scénario 2</b>	3,2%	Contacts professionnels
<b>Scénario 3</b>	19,4%	Sécurité sociale, médecin spécialiste (et 58,1% n'ont pas trouvé)
<b>Scénario 4</b>	33,3%	«ID» ( <i>fichier joint</i> ) (et 3,3% n'ont pas trouvé)

Tableau 3 : Difficultés à trouver des informations

**Problèmes de dénomination.** Les termes avec lesquels les participants ont eu quelques difficultés de compréhension (voir Tableau 4) semblent correspondre à des termes mal choisis, ou manquant de précision, ou encore présentés sans un contexte suffisant.

Rubrique	Difficultés	Items
<i>Identifications personnelles</i>	6	Situation familiale
	3	Nom de naissance
	1	Lieu de naissance
<i>Informations collègues</i>	11	Numéro
<i>Cursus de l'étudiant</i>	2	Cursus universitaire et cours
<i>Sécurité sociale</i>	8	Bénéficiaire
	25	Période de couverture
	11	Nombre
<i>Autres spécialistes de santé</i>	28	Nom personnalisé

Tableau 4 : Difficultés liées à la dénomination

**Difficultés de navigation** (voir Tableau 5) : 19/30 participants ont eu au moins une difficulté, un seul en a eu 4 (total 33, moyenne 1,1 ; sd. 1,15). Les problèmes d'utilisabilité sont principalement liés à certains boutons de navigation (y compris libellés) et au manque de raccourcis de navigation.

	Difficultés	Erreurs
<b>Scénario 1</b>	7	3
<b>Scénario 2</b>	5	2
<b>Scénario 3</b>	4	2
<b>Scénario 4</b>	5	1
<b>Modifs 1</b>	7	3
<b>Modifs 2</b>	5	4

Tableau 5 : Difficultés de navigation

**Enregistrement de formulaires** (voir Tableau 6). Cette opération donne lieu à 30 difficultés : 70% des participants ont eu au moins 1 difficulté, et 3 participants ont eu 3 difficultés. Les problèmes d'utilisabilité sont principalement liés au manque de feedback, et à des confusions de dénomination.

	Difficultés	Erreurs
<b>Scénario 1</b>	13	2
<b>Scénario 2</b>	7	4
<b>Scénario 3</b>	9	2
<b>Scénario 4</b>	Non concerné	
<b>Modifs 1</b>	0	0
<b>Modifs 2</b>	0	1

Tableau 6 : Difficultés d'enregistrement de formulaires

Globalement, les erreurs confirment les constatations précédentes. Un total de 124 erreurs a été observé lors de l'expérience (moyenne 4,13 par participant, sd. 2,17) : Scénario 1 (moyenne 1,13, sd. 1,25), avec au moins 1 erreur pour 18 participants, et 5 pour 1 participant ; Scénario 2 (moyenne 1,3, sd. 1,2), avec au moins 1 erreur pour 20 participants et 4 pour 1 participant ; Scénario 3 (moyenne 1,3, sd. 1,05), avec au moins 1

erreur pour 23 participants et 5 pour 1 participant ; Scénario 4 : seulement 1 erreur ; Scénario 5.1 : 3 erreurs pour 3 participants (1 chacun) ; Scénario 5.2 : 8 erreurs (moyenne 0,26 ; sd. 0,69), avec au moins 1 erreur pour 5 participants, et 3 pour 1.

### **Personnalisation : Modifications par consigne**

**Chemins parcourus** : pour le changement de dénomination : 63,3 % des participants (19/30) sont partis directement à la fonction « Personnaliser le PIMI » tandis que 6,7% des participants (2/30) ont choisi d'aller dans chaque rubrique. Les autres 30% des participants (9/30) ont utilisé les deux chemins (d'abord par les rubriques et ensuite par la fonction « Personnaliser le PIMI »).

#### **Difficultés :**

- Pour le changement des dénominations : 90 % (27/30 participants) ont effectué facilement les modifications, 2 participants (6,7%) ont pris un peu de temps (> 30 s.) pour les réaliser, et seulement 1 (3,3%) n'a pas réussi.

- Pour le masquage : 56,7 % des participants (17/30) ont effectué facilement le masquage des catégories et rubriques, 11 participants (36,7%) ont pris un peu de temps pour le réaliser, et 2 (6,7%) n'ont pas réussi.

- Pour le changement d'ordre : 43,3 % des participants (13/30) ont effectué facilement le masquage des catégories et rubriques, et 17 participants (36,7%) ont pris un peu de temps pour le réaliser.

- Pour la restauration de la structure par défaut : 96,7 % des participants (29/30) ont effectué facilement la restauration par défaut de la structure, 1 seul participant (3,3%) ayant pris un peu de temps pour la réaliser.

**Personnalisation : Modifications à l'initiative des participants** : Le Tableau 7 montre un total de 222 modifications suggérées (Chercheurs C1 à C10 ; Administratifs A1 à A10 ; Étudiants, E1 à E10), avec une moyenne de 7,4 par participant (sd. 4,79).

Tous les participants ont effectué des modifications. La personne qui a fait le plus de modifications en a suggéré 19 alors que 4 personnes en ont suggéré seulement 1. Le Tableau 7 montre que le type de modification le plus fréquent est le masquage (catégories, rubriques et items) : (103 modifications), suivi du changement d'ordre des catégories (77 modifications), puis le changement des dénominations (42 modifications).

- Pour le masquage, 58 modifications ont concerné les catégories (93,3% participants), 22 les rubriques (14,3% participants), et 23 les items (3,2% participants). Les raisons pour lesquelles les utilisateurs ont effectué ce type de modification sont : le besoin de personnalisation/simplification de l'Espace Personnel, ils laissent les catégories, rubriques qu'ils pensent utiliser ; le besoin de sécuriser / protéger les données. Ils remplissent leurs informations, mais ensuite ils les « cachent » (en les masquant) : « ... si j'ai besoin de la visualiser, je sais où je peux la démasquer, mais comme ça elle n'est pas visible ». C'est le cas pour des rubriques comme Dossier Médical, Famille.

	Dénomination Catégories	Dénomination Rubriques	Masquage Catégories	Masquage Rubriques	Masquage Items	Ordre Catégories	Total
C1	0	3	1	1	1	0	6
C2	1	0	1	0	0	0	2
C3	0	0	2	3	0	0	5
C4	0	2	1	2	0	4	9
C5	0	0	5	2	0	3	10
C6	0	1	0	0	0	0	1
C7	0	0	2	0	5	0	7
C8	0	0	1	0	0	0	1
C9	0	0	3	1	0	2	6
C10	0	0	2	1	0	0	3
A1	0	0	0	0	0	5	5
A2	4	1	4	2	0	0	11
A3	1	2	3	2	0	9	17
A4	0	0	1	0	0	4	5
A5	2	0	3	0	0	8	13
A6	2	1	1	0	0	4	8
A7	0	0	4	0	0	0	4
A8	2	1	1	0	0	4	8
A9	0	0	1	0	0	0	1
A10	0	0	4	0	6	0	10
E1	1	0	2	0	5	0	8
E2	3	2	1	1	0	0	7
E3	2	0	1	1	0	2	6
E4	0	0	1	0	0	0	1
E5	0	0	1	0	0	8	9
E6	1	1	2	2	6	4	16
E7	0	0	1	0	0	4	5
E8	0	1	3	1	0	0	5
E9	2	3	5	2	0	7	19
E10	1	2	1	1	0	9	14
TOTAL	22	20	58	22	23	77	222
MOYENNE	0,73	0,66	1,93	0,73	0,76	2,56	7,4
ECART-TYPE	1,08	0,95	1,38	0,90	1,90	3,10	4,79

Tableau 7 : Modifications par groupes de participants

- Pour les modifications d'ordre, 50% des participants ont effectué au moins 2 modifications (maximum 9). Les participants veulent surtout classer les catégories selon leur utilisation et leur importance. Ces deux critères sont assez personnels, par exemple nous montrons ci-dessous (Figure 5) 3 organisations différentes proposées par les utilisateurs.

Configuration des categories		Configuration des categories		Configuration des categories	
Catégorie	Ordre de visualisation	Catégorie	Ordre de visualisation	Catégorie	Ordre de visualisation
IDENTITE	0	IDENTITE	0	IDENTITE	0
TRAVAIL	1	TRAVAIL/ETUDES	1	SANTE	1
PAPIERS	2	PAPIERS	2	TRAVAIL	2
SANTE	3	CONTACTS	3	CONTACTS	3
CODES	4	AGENDA	4	PAPIERS	4
TRANSPORTS	5	TRANSPORTS	5	CODES	6
AGENDA	6	CODES	6	FINANCES	7
FINANCES	7	FINANCES	7	IMPOTS	8
CONTACTS	8	IMPOTS	8	AGENDA	8
IMPOTS	9	SANTE	9	TRANSPORTS	9

Figure 5 : Modifications d'ordre

Malgré la difficulté à faire des changements d'ordre des catégories, les utilisateurs sont initialement très motivés, mais plusieurs entre eux ont été freinés par la difficulté de le faire en n'arrivant pas à gérer la numérotation.

- Pour le changement de dénomination, les principales raisons sont : le manque de précision dans la dénomination des catégories et rubriques et le besoin de simplifier les dénominations.

Enfin, 47% des participants ont exprimé le besoin d'un ensemble de modifications non proposées : ajout de catégories ou sous-catégories (33%) ; division d'une catégorie (0,6%), déplacement de sous-catégories (0,6%) ; distinction entre entrée de données et récupération de données (0,3%), modification des codes couleur, de la taille des caractères (0,6%).

## Questionnaire

**Section 1 : questions sur la personnalisation :** La plupart des participants (83,3%) ont apprécié de pouvoir modifier leur Espace Personnel d'information. La plupart (93,3%) ont également trouvé qu'il était facile de modifier les noms des catégories et des sous-catégories (80%). Il leur a également semblé facile de masquer des catégories et sous-catégories (93,3%). Il a été jugé beaucoup moins facile de modifier l'ordre des catégories (36,7%). Les utilisateurs ont quand même suggéré des solutions et des idées pour améliorer les modes d'effectuer les modifications. En outre, les participants ont suggéré d'autres types de modifications qui n'ont pas été mises en œuvre dans le prototype, telles que : ajouter de nouvelles catégories et sous-catégories (9/20) ; changer le design visuel, par exemple, les couleurs, les formats (4/30) ; et fournir les formulaires horizontalement (2/30).

**Section 2 : questions générales et améliorations :** Une courte majorité des participants (60%) se sent prêt à utiliser un tel PIMI. Leur motivation est essentiellement la capacité à centraliser toutes leurs données et de limiter la consommation de papier. Pour ceux qui se sentent moins prêts (33,3%) et ceux qui n'étaient pas prêts du tout (6,7%), les principales préoccupations sont la sécurité et la confiance. La plupart des participants (80%) ont dit ne pas avoir éprouvé de difficultés pour utiliser le prototype. Seules ont été exprimées quelques difficultés modérées (16,7%) ou fortes (3,3%). En

outre, 25/30 participants (86,2%) ont fait des suggestions d'amélioration, essentiellement pour atténuer certains des problèmes d'utilisabilité mentionnés précédemment.

D'un point de vue méthodologique, il est à remarquer que, globalement, les diverses évaluations d'utilisabilité menées dans cette étude ont conduit au diagnostic d'un plus grand ensemble de problèmes d'utilisabilité que les seules réponses au questionnaire. Toutefois, celles-ci, en particulier les suggestions, ont confirmé une partie des problèmes identifiés.

## 5. DISCUSSION

**Personnalisation** : La participation lors de cette session a été forte : un total de 222 modifications ont été apportées, et tous les participants ont fait au moins un changement avec un maximum de 19 pour un participant (moyenne 7,4 ; sd. 4,79).

D'une façon générale, les participants ont aimé pouvoir modifier et personnaliser leur PIMI et ils ont trouvé facile d'effectuer les modifications. Les modifications peuvent être caractérisées selon 4 buts principaux : simplifier (par masquage et changement de dénomination), clarifier (par changement de nom), faciliter l'accès (par changement d'ordre des catégories) ; sécuriser (par masquage).

On a pu détecter des problèmes non détectés auparavant :

- La nécessité claire d'avoir un vocabulaire qui puisse s'adapter aux différents profils d'utilisateurs; les besoins et la vision des plus jeunes (étudiants) sont vraiment différents de ceux qui sont déjà dans la vie professionnelle.
- L'envie d'avoir d'autres catégories et rubriques : l'utilisateur souhaite aussi créer des nouvelles catégories ou structures pour organiser l'espace et mettre des informations additionnelles.
- Le besoin de sécuriser, cacher les informations : une possibilité additionnelle donnée par les utilisateurs à la fonction masquage des rubriques et catégories. On s'aperçoit de la nécessité de proposer à l'utilisateur un système paramétrable où il puisse choisir à qui montrer ses données (famille, amis, administration, autres).

On a pu renforcer d'autres problèmes détectés auparavant, mais pas encore mentionnés explicitement par l'utilisateur :

- Changer le visuel de l'interface : les couleurs, les tailles de police et ainsi pouvoir mieux identifier les informations,
- Uniformiser les formulaires en ligne
- Le mode de changement d'ordre des catégories doit être simplifié
- Un arbre avec toute la structure modifiable (catégories, rubriques et items).

Quelques enseignements méthodologiques peuvent être tirés des modifications des participants :

- Cela permet d'identifier des problèmes d'utilisabilité supplémentaires.
- Les participants ont tendance à considérer leur rôle comme plus important, à s'exprimer plus, à fournir des critiques, des suggestions et des préférences. En bref, ils s'approprient le système, voire, renforcent leur opinion sur certains problèmes d'utilisabilité qui ne semblent pas trop "gênants" initialement.
- Compte tenu de la nécessité pour les systèmes actuels d'e-gouvernement d'être utilisés par un public large et varié en termes d'âge, de sexe, de profession, de

compétences et de contextes, il est utile de fournir des fonctions de personnalisation par les utilisateurs (par exemple, pour le vocabulaire, les techniques, les besoins de navigation).

En résumé, faciliter les utilisateurs dans un rôle d'acteurs plutôt que d'utilisateurs passifs semble prometteur.

**Comparaison de méthodes d'évaluation de l'utilisabilité :** une comparaison entre les différentes méthodes d'évaluation utilisées a été réalisée : l'Inspection Ergonomique avec les Critères Ergonomiques, le Test Utilisateur avec des scénarios classiques et le Test Utilisateur avec scénarios de modification.

La Figure 6 montre le nombre de problèmes d'utilisabilité diagnostiqués avec les 3 méthodes d'utilisabilité (test d'utilisabilité classique (TUC), test d'utilisabilité avec modifications (TUM) et inspection de l'utilisabilité (IU)).

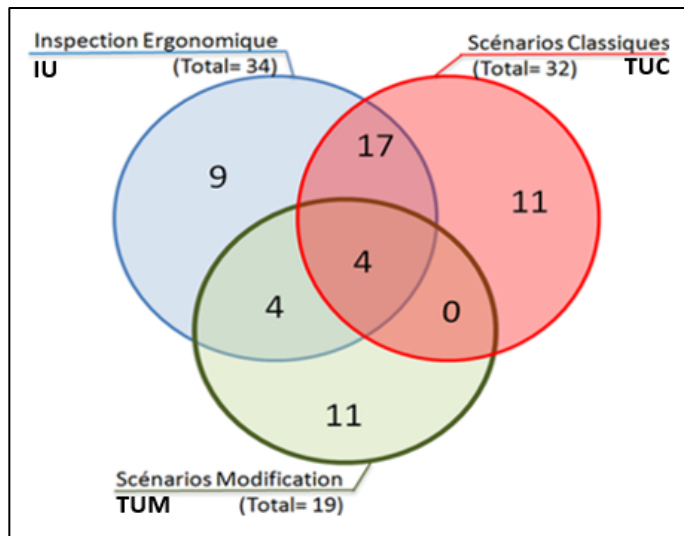


Figure 6 – Problèmes d'utilisabilité par méthode

Globalement, il n'y a pas de différences marquantes dans la nature des problèmes d'utilisabilité, si ce n'est, évidemment, celles liées aux différents états d'interaction parcourus, du fait des scénarios de tâches (états de modification pour TUM et états de saisies de données pour TUC). Toutefois, on trouve :

- Environ le même nombre de problèmes d'utilisabilité spécifiques pour chaque technique d'évaluation : 9 pour IU (26% du total) ; 11 pour TUC (34% du total), 11 pour TUM (58% du total). Cependant, en pourcentage, TUM a le score relatif le plus élevé de problèmes spécifiques.
- Beaucoup de problèmes communs (meilleur score) à IU et TUC (21, soit 62% de IU et 66% de TUC).

- Bien moins de problèmes communs à IU et TUM (8, soit 24% de UI et 42% de TUM).
- Encore moins de problèmes communs à TUC et TUM (4, c'est-à-dire 12% de TUC et 21% de TUM).
- Très peu de problèmes communs aux 3 méthodes IU, TUC et TUM (4, c'est-à-dire 12% de IU, 12% de TUC et 21% de TUM).

En outre, on peut noter que :

- Les 4 problèmes communs à TUC et TUM ont aussi été diagnostiqués avec IU.
- 17 problèmes (sur 21 problèmes communs) ont été diagnostiqués avec TUC et IU, mais seulement 4 ont également été diagnostiqués avec TUM.
- 4 problèmes (sur 8 problèmes communs) ont été diagnostiqués à la fois avec TUM et IU, et 4 avec TUC.

Contrairement aux conclusions de [Bach and Scapin 2011, op. cit.], TUC et TUM ne semblent pas conduire à une plus grande diversité de problèmes d'utilisabilité. Cependant, on observe que TUC et TUM semblent particulièrement efficaces pour le diagnostic des problèmes qui nécessitent un état particulier d'interaction pour être détectables, C'est le cas de la saisie des formulaires, avec TUC et TUM nous avons détectés des problèmes qui bloquent l'utilisateur (par exemple : « Après la saisie des informations de sécurité sociale, les participants cochent la case et cliquent sur le bouton « AJOUTER » confondu avec le bouton « ENREGISTRER ». Des exemples de recommandations sont également proposées:

R.25: (issue de IU) Placer le bouton « Enregistrer » à proximité de chaque groupe d'items à enregistrer,

R.26 : (issue de TUC et TUM) Proposer un bouton doté d'une icône « + » après les formulaires. Cette symbolique est déjà souvent utilisée dans les systèmes pour l'ajout d'un champ.

R.27 : (issue de TUC et TUM) Proposer juste après « AJOUTER » un texte « Autre médecin » ou « Autre Enfant », etc. »)

D'un autre côté, IU semble aider à l'identification de problèmes basiques, directement observables, souvent liés à la facilité d'apprentissage et d'utilisation.

Une autre analyse a été menée pour tenter de clarifier le rôle respectif des analyses expérimentales (issues des données de comportement observé), des commentaires participants (à leur initiative). On a ainsi relevé, pour chaque problème d'utilisabilité, la source de son diagnostic : analyse (erreurs, temps passé, etc.), commentaire participant, ou les deux. Ceci a concerné uniquement les méthodes TUC et TUM, et non IU qui, étant une inspection (de l'application, indépendamment des utilisateurs), ne se prête pas à une telle analyse.

Globalement (voir Tableau 9), on constate déjà que, d'une part, près de la moitié des diagnostics (36) ont été faits à partir des deux méthodes, puis (29) à partir des commentaires participants, puis (18) à partir des analyses de l'expérimentation. On confirme aussi la part un peu plus élevée de diagnostics pour TUC (48) par rapport à ceux pour TUM (35).

Méthode	Analyse Expé.	Commentaire Participant	Les deux	Tot.
<b>TUC</b>	<b>15</b> (7 + 8)	<b>15</b> (4 + 4 (2x2) + 3 + 4 (2X2))	<b>18</b> (4 (2X2) + 10 + 4 (2X2))	48
<b>TUM</b>	<b>3</b> (2 + 1)	<b>14</b> (4 + 4 (2X2) + 2 + 4 (2X2))	<b>18</b> (5 + 4 (2X2) + 5 + 4 (2X4))	35
Tot.	18	29	36	83

Tableau 8 : Analyse/Commentaires par Méthode

Examinons plus en détail (voir Tableau 10) les problèmes d'utilisabilité spécifiques et communs aux 3 méthodes (on notera que les totaux ne sont pas équivalents au Tableau 9 précédent car, dans celui-ci, on comptabilise les problèmes, pas leurs instances, contrairement au tableau précédent).

Méthode	Analyse Experimentation	Commentaire Participant	Les deux	Tot.
Spécifiques <b>TUC</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	11
Spécifiques <b>TUM</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	11
Communs <b>TUC &amp; TUM</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	4
Communs <b>IE &amp; TUC</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	21
Communs <b>IE &amp; TUM</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	8
Communs <b>TUC/ TUM/ IE</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	4
Tot.	18	17	24	59

Tableau 9 : Analyse/Commentaires par Méthode et Combinaisons

On constate que les problèmes diagnostiqués à partir des commentaires des participants (ou les deux) prennent une part importante. En effet, comme déjà noté auparavant, dans le scénario avec modification, l'utilisateur assume un rôle plus important, il est plus actif, et parle plus.

On remarque que 5 des problèmes qui ont été diagnostiqués à partir de l'analyse (TUM) sont également commentés par l'utilisateur, différemment de TUC, où aucun des problèmes diagnostiqués par l'analyse n'ont été commentés. Sur un total de 11 problèmes détectés, 9 ont été commentés par l'utilisateur, tandis que dans TUC seulement 4 sur 11 l'ont été.

Voici un exemple de problème diagnostiqué à **partir de l'analyse et du commentaire des participants** dans le TUM : La catégorie TRAVAIL a été ciblée de changements de dénomination pour mieux exprimer ce qu'on trouve en son sein et aussi une envie de pouvoir la séparer en deux catégories différentes et indépendantes. Dans ce cas, le commentaire participant permet une meilleure compréhension du problème déjà diagnostiqué par l'analyse.

Voici un exemple de problème issu exclusivement du **commentaire du participant** dans le TUM : « *On a pu s'apercevoir aussi que le masquage est utilisé aussi comme une façon de « protéger » et « sécuriser » leurs données personnelles. Ils remplissent leurs informations, mais ensuite ils les « cachent » (en les masquant) : « ... si j'ai besoin de la visualiser, je sais où je peux la démasquer, mais comme ça elle n'est pas visible ». C'est le cas pour des rubriques comme Dossier Médical, Famille.* ». Ce type de commentaire, nous a permis de diagnostiquer le problème de l'utilisateur en rapport à la sécurité de ses données.

Dans cette étude, quelques limites doivent être mentionnées :

- Pour TUC et TUM, la présence de l'expérimentateur a pu entraver l'accès à certaines fonctions du prototype (par exemple, aide en ligne) car il était juste plus simple de demander à l'expérimentateur.
- Sauf dans le scénario de modification, les participants sont restés concentrés sur les tâches, sans explorer davantage. Un suivi des utilisateurs sur des périodes plus longues pourrait être utile. Cela pose des questions techniques (méthodes de recueil, logs, etc.), et méthodologiques ardues, notamment en termes de fouille de données pertinentes sur les intentions des utilisateurs au cours du temps.
- Un ensemble varié de problèmes d'utilisabilité a été identifié. Cependant, il n'y avait aucun contrôle sur les défauts d'utilisabilité résultant (involontairement) de la conception par une entreprise partenaire spécialisée dans les applications e-gouvernement et les outils de conception. Cela empêche bien sûr de généraliser pleinement à toutes les autres applications de ce type. Dans l'avenir, il serait intéressant d'introduire volontairement un grand nombre de défauts d'utilisabilité sur tous les états de l'application, avec une variation complète des types de problèmes, afin d'avoir un contrôle sur le nombre total de problèmes, leur nature et leur emplacement, ce qui permettrait d'extraire l'ensemble des diagnostics en fonction de chaque technique d'évaluation.
- Seuls la structure de l'information et le contenu du prototype ont été évalués, pas les procédures électroniques associées, qui ne seront mises en œuvre que plus tard dans le projet PIMI.
- En termes d'interaction, les contraintes techniques n'ont pas permis la manipulation directe, notamment pour les changements d'ordre des catégories.

## 6. CONCLUSION

Cet article a présenté un travail de recherche associé à l'évaluation de l'utilisabilité d'un prototype pour la gestion des données personnelles. L'expérience, avec 30 participants (chercheurs, administratifs et étudiants), a suivi 4 scénarios de tâches classiques de tests utilisateurs et 1 scénario permettant l'adaptation de la structure de l'information de prototype et son contenu par les participants.

Les résultats ont permis le diagnostic de 51 problèmes d'utilisabilité et ont abouti à des recommandations pour améliorer la version finale du prototype. Ces recommandations portent sur la lisibilité (couleurs, contrastes, taille, type de police), la navigation, les formulaires (forme et modes d'enregistrement), les modes de modification, la sécurité des informations...

D'un point de vue méthodologique, nous avons étudié le rôle relatif des deux méthodes d'évaluation utilisées dans l'expérience (TUC et TUM). En outre, les résultats ont également été comparés aux résultats d'une inspection de l'utilisabilité (IU).

Les trois techniques d'évaluation sont tout à fait complémentaires, mais la participation directe des utilisateurs par personnalisation est une méthode additionnelle utile, permettant d'identifier des problèmes d'utilisabilité spécifiques, notamment de nouveaux chemins, diverses utilisations de fonctions, et différentes compréhensions des concepts.

Bien que l'inspection basée sur les critères ergonomiques ait permis de faire un diagnostic général des problèmes d'utilisabilité (plusieurs types et dans de nombreux états de l'interface), le test utilisateur a permis d'identifier des problèmes similaires, mais avec plus de détails, bien que sur un plus petit nombre d'états d'interaction.

Une autre étude récente [Schmettow, Bach, and Scapin, 2012] a aussi montré que l'inspection ergonomique et le test utilisateur permettaient de repérer des problèmes assez disjoints. De plus, il apparaît que la combinaison des deux techniques d'évaluation permet d'identifier 20% de problèmes de plus.

L'utilisation d'un scénario de personnalisation permet aux utilisateurs de s'exprimer davantage sur le système en indiquant leurs préférences et ainsi de promouvoir une évaluation et une conception plus collaborative.

Dans l'ensemble, la participation active et directe des utilisateurs, en offrant de nouvelles structures, modalités, chemins et fonctions, sont des indices additionnels très riches pour l'évaluation et la conception.

Pour des travaux de recherche futurs, un certain nombre de questions semblent intéressantes à étudier :

- La sécurité et la confiance sont toujours un problème, même si une perception positive semble facilitée par l'implication des utilisateurs dans l'adaptation de la structure et du contenu. Il conviendrait de valider cela pour des e-procédures complètes.
- L'usage réel : il faudra trouver des moyens efficaces de l'évaluer grâce à des outils innovants et intelligents pour la collecte des données utilisateur en temps réel, y compris sur l'évolution des personnalisations au cours du temps.
- La mobilité : le futur système PIMI devrait être également utilisé sur des smartphones et autres tablettes. Une version PIMI de mobilité est en cours d'élaboration, mais sa facilité d'utilisation et la compatibilité avec la version PC, y compris sa plasticité devront être évaluées.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été menée par l'INRIA, contrat ANR-PIMI.

## RÉFÉRENCES

- ARDITO, C., COSTABILE, M. F., DESOLDA, G., MATERA, M., PICCINNO, A., AND PICOZZI, M. 2012. Composition of situational interactive spaces by end users: a case for cultural heritage Living history: Proc. 7th Nordic Conference on HCI 2012-10-14 p.79-88.

- BACH, C. AND SCAPIN, D. L. 2010. Comparing Inspections and User Testing for the Evaluation of Virtual Environments, in : *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 26, no 8, p. 786-824.
- BUTTFIELD-ADDISON, P., LUEG, C., ELLIS, C., AND MANNING, J. 2012. Everything goes into or out of the iPad: the iPad, information scraps and personal information management: *Proc. of 2012 Australian CHI Conference 2012-11-26* p.61-67.
- COCKTON, G., WOOLRYCH, A., HALL, L., AND HIDEMARCH, M. 2003, Changing Analysts' Tunes: The Surprising Impact of a New Instrument for Usability Inspection Method Assessment: In *Proceedings of People and Computers XVII : Designing for Society*, Springer Verlag, pp. 145-162.
- CSCW13-1, 2013. *Proceedings of the 2013 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work v.1 / Amy Bruckman / Scott Counts / Cliff Lampe / Loren Terveen San Antonio, Texas 2013-02-23 2013-02-27 2013 ACM n.141* p. 1566.
- DEMUNIEUX, R., GANNEAU, V., CALVARY, G., AND GEGOVSKA, E. 2008. Les interfaces plastiques : premiers retours utilisateurs, évaluations en laboratoire : *Ergo-IA 2008*. 117-124.
- DETRAUX, C. AND SCAPIN, D. L. 2012. La modification utilisateur comme indice ergonomique évaluatif d'un Espace Personnel d'Information : in *Ergo'IHM 2012*, Biarritz, France, 17-19 Octobre, 16-23.
- DÖRNER, C., YETIM, F., PIPEK, V., AND WULF, V. 2011. Supporting business process experts in tailoring business processes: *Interact. Comput.* 23, 3, 226-238.
- EVEQUOZ, F. AND LALANNE, D. 2009. I thought you would show me how to do it - studying and supporting PIM strategy changes : *PIM Workshop, ASIS&T 2009*, 35-42.
- GAMBERINI, L., SPAGNOLLI, A., CARRADI, N., JACUCCI, G., TUSA, G., MIKKOLA, T., ZAMBONI, L., AND HOGGAN, E. 2012. Tailoring Feedback to Users' Actions in a Persuasive Game for Household Electricity Conservation : *Proceedings of the 2012 International Conference on Persuasive Technology* p.100-111.
- GRAY, W. D. AND SALZMAN, M. C. 1998, Damaged merchandise? A review of experiments that compare usability evaluation methods *Human-Computer Interaction*, 13, pp. 203-261.
- HARTSON, H. R., ANDRE, T. S. AND WILLIGES, R. C., 2001, Criteria for evaluating usability evaluation methods: *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13, pp. 373-410.
- HENDERSON, S. 2009. Guidelines for the design of personal document management user interfaces : *PIM Workshop, ASIS&T 2009*, pp. 65-72.
- HENDERSON, S. AND SRINIVASAN, A. 2009. An empirical analysis of personal digital document structures, *Proc. HCI International 2009*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 394-403.
- HEUNG-NAM, K., MAJDI, R., AND EL SADDIK, A. 2013. Tailoring recommendations to groups of users: a graph walk-based approach : *Proceedings of the 2013 International Conference on Intelligent User Interfaces 2013-03-19 v.1* p.15-24
- HORNBAEK, K. AND FRØKJÆR, E., 2005, Comparing usability problems and redesign proposals as input to practical systems development : In *Proceedings of ACM*

- Conference on Human Factors in Computing Systems, (New York, NY : ACM Press), pp. 391-400.
- ISO/TR 16982. 2002. Ergonomics of human-system interaction — Usability methods supporting human-centred design. International Standards Organization.
- KAY, J. AND, KUMMERFELD, B. 2012. Creating personalized systems that people can scrutinize and control: Drivers, principles and experience. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems* 2012-12 v.2 n.4, pp. 24 :1-24 :42.
- KOLÁS, L. AND STAUPE, A. 2007. A Personalized E-learning Interface. In : *The Proceedings of the international IEEE Conference on Computer as a tool. Eurocon 2007* (pp. 2670-2675). Poland : IEEE Computer Society.
- LINDROTH, T., AND BERGQUIST, M. 2008. Breadcrumbs of interaction : situating personal information management : *Proc. Fifth Nordic Conference on HCI 2008-10-10* p.266-273.
- MIRRI, S., SALOMONI, P., AND PRANDI, C. 2011. Augment browsing and standard profiling for enhancing web accessibility : *Proceedings of the 2011 International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A) 2011-03-28 v.2* pp.5-10
- MØRCH, A. I., AND MEHANDJIEV, N. D. 2000. Tailoring as collaboration : the mediating role of multiple representations and application units. *Computer Supported Cooperative Work*. 9(1) : 75-100.
- NITSCHKE, M., AND NUERNBERGER, A. 2012. InFrame-Browsing : Enhancing Standard Web Search: *Proc. of Symposium on HCI and Information Retrieval 2012-10-04* (Poster Paper) p.16.
- OAKLEY, R. L. AND SALAM, A. F. 2012. Cyber Citizens and Cyber Deviance : Exploring Social and Technical Factors as Antecedents to Cyber Deviance and the Implications for Cyber Citizenship : *Proceedings of the 2012 AIS SIGHCI Workshop on HCI Research in MIS 2012-12-16*. Paper 7.
- PLODERER, B. SMITH, W., HOWARD, S., PEARCE, J., AND BORLAND, R. 2012. Things you don't want to know about yourself: ambivalence about tracking and sharing personal information for behaviour change: *Proc. of 2012 Australian Computer-Human Interaction Conference 2012-11-26* p.489-492.
- RAWASSIZADEH, R. 2012. Towards sharing life-log information with society / *Behaviour and Information Technology 2012-11 v.31 n.11* p.1057-1067.
- SCAPIN, D. L. LAW, E., BEVAN, N. and the WG1 contributors. 2008. Final Report MAUSE COST 294 WG 1 : Critical Review and Analysis of Individual UEMs. COST-294 Project MAUSE.SCAPIN,
- SCAPIN, D. L., MARIE-DESSOUDE, P., WINCKLER, M., AND DETRAUX, C. 2011. Personal Information Systems : User Views and Information Categorization : in *Proc. Centric2011-4th. Intl. Conf. on Advances in Human-oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services, Barcelona, Spain*. pp 154-160.
- SCHMETTOW, M., BACH, C., AND SCAPIN, D. L., 2014. Optimizing Usability Studies by Complementary Evaluation Methods. *2014 Proceedings of the 28th International {BCS} Human Computer Interaction Conference, Southport, UK, 9-12 September 2014*, pp 110-119.

- VAN KLEEK, MAX G., STYKE, W., SCHRAEFEL, M. C., KARGER, D. 2011. Finders/keepers : a longitudinal study of people managing information scraps in a micro-note tool Reading & writing : Proc. ACM CHI 2011 2011-05-07 v.1 p.2907-2916.
- VOIT, K., ANDREWS, K. AND SLANY, W. 2009. Why personal information management (PIM) technologies are not widespread : PIM Workshop, ASIS&T 2009, 60-64.
- WINCKLER, M., GAITS, V., VO, D.-B., FIRMENICH, S., AND ROSSI, G. 2011. An approach and tool support for assisting users to fill-in web forms with personal information New frontiers in documentation II : ACM 29th Intl. Conf. on Design of Communication 2011-10-03 p.195-202.
- ZHU, L., VAGHI, I., BARRICELI, B. R. 2011. A meta-reflective wiki for collaborative design: Proc. of the 7th International Symposium on Wikis and Open Collaboration (WikiSym'11).ACM, 53-62.
- ZIMMERMAN, A., AND LORENTZ, A. 2002. LISTEN : a user-adaptive audio-augmented museum guide Special issue on Personalizing Cultural Heritage Exploration. User Modeling and User-Adapted Interaction 2008-11 v.18 n.5 p.389-416.



**D. L. Scapin** est Directeur de Recherche à l'INRIA. Il mène depuis 1977 des recherches en ergonomie des logiciels, notamment sur les méthodes d'évaluation et de conception des IHM : par ex. sur les langages de commande ; les critères ergonomiques pour les interfaces graphiques, le web, les environnements virtuels ; les méthodes et outils de description des tâches, le multimedia et la multimodalité ; ainsi que sur le e.gov. et les données personnelles. Auteur de nombreuses publications scientifiques, il est Editeur-Associé pour BIT et relecteur pour de nombreuses revues et conférences. Il est expert auprès de l'ISO et de l'AFNOR, et pour diverses organisations nationales et internationales. Il est ancien président de l'Human Factors Society Europe et de l'AFIHM.



**Claudia Detraux** est Consultante Ergonome / IHM dans les domaines du Web, applications mobiles, applications métiers à Bertin Ergonomie. Auparavant elle était Ingénieur Expert à l'INRIA-Rocquencourt (2011-2013) et Enseignante-Chercheur à L'Ecole Polytechnique de Marseille (2006-2010). Ses principaux thèmes de recherche concernent la conception et l'évaluation des IHM de systèmes d'information et de systèmes critiques, l'informatique du citoyen l'erreur humaine issue de problèmes d'interfaces, l'intégration de la connaissance ergonomique. Docteur en Ingénierie de l'informatique - IHM (2006), de l'UFCG, Brésil ; Master en Informatique - Ergonomie du logiciel (2002) et Licence de Designer de Produit (1996), de l'UFPB, Brésil. Elle est membre de l'AFIHM.



# An empirical study on the user's context in mobile videoconferencing devices

Ignacio Calvo, Tomas Dorta, Jean-Marc Robert

► **To cite this version:**

Ignacio Calvo, Tomas Dorta, Jean-Marc Robert. An empirical study on the user's context in mobile videoconferencing devices. *Journal d'Interaction Personne-Système, Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (AFIHM)*, 2014, 3 (2), pp. 1-24. hal-01166903

**HAL Id: hal-01166903**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01166903>**

Submitted on 23 Jun 2015

**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.

# An empirical study on the user's context in mobile videoconferencing devices

IGNACIO CALVO

HYBRIDLAB Université de Montréal

TOMÁS DORTA

HYBRIDLAB Université de Montréal

JEAN-MARC ROBERT

Polytechnique de Montréal

Résumé : Ce document présente une étude empirique sur l'utilisation de la vidéoconférence mobile et le contexte de l'utilisateur afin de proposer des lignes directrices pour la conception des interfaces des dispositifs de communication vidéo mobile. Grâce à un échange riche d'informations, ce type de communication peut amener un sentiment de présence fort, mais les interfaces actuelles manquent de flexibilité pour permettre aux utilisateurs d'être créatifs et pour avoir des échanges plus significatifs dans une vidéoconférence.

Nous avons mené des observations avec 16 participants dans trois activités où leurs conversations, les réactions et les comportements ont été observés. Deux groupes de discussion ont aussi servi pour identifier les habitudes formées à partir d'une utilisation régulière. Les résultats suggèrent une différence importante entre l'utilisation de la caméra de face ou de dos, le type de comportement, et la nécessité de fournir des outils qui offrent plus de contrôle sur l'échange dans la conversation. D'après les résultats, l'étude propose plusieurs lignes directrices de conception pour les interfaces de communication vidéo mobiles, concernant la construction du contexte mobile de l'utilisateur.

Mots clés : nouvelles technologies de communication, communication vidéo mobile, contexte, mobilité, présence, Interface.

Abstract: This paper presents an exploratory empirical study on the user's context in mobile videoconferencing in order to improve the user interface of mobile video devices. Through the rich exchange of information, mobile video communication can provide a better sense of presence than other means of communication. Yet the current mobile interfaces lack the flexibility required to be creative and more meaningful in a videoconference exchange. We conducted observations with 16 participants in three activities where their conversations, reactions and behaviours were observed. Two focus groups were used to identify habits formed from regular use. Results suggest an important difference between the use of the front-facing or back-facing camera and the importance of offering tools that provide more control over the video exchange. From these results, the study proposes several design recommendations for mobile video communication interfaces in order to support the construction of the user's mobile context.

Key words: New communication technologies; Mobile interface design; Video communication interfaces; Context; Mobility; Interfaces.

---

Adresse des auteurs : Ignacio Calvo, ([ignacio.calvo@umontreal.ca](mailto:ignacio.calvo@umontreal.ca)), Hybridlab, Université de Montréal, 5155 Decelles Ave., JA Bombardier Building, 4029. H3T 2B1, Montreal, Canada. Tomás Dorta, ([tomas.dorta@umontreal.ca](mailto:tomas.dorta@umontreal.ca)), Hybridlab, Université de Montréal, 5155 Decelles Ave., JA Bombardier Building, 4027, H3T 2B1, Montreal, Canada. Jean-Marc Robert, ([jmrobert@courriel.polymtl.ca](mailto:jmrobert@courriel.polymtl.ca)), Polytechnique Montréal, Dep. of mathematics and industrial engineering, PO Box 6079, H3C 3A7, Montreal, Canada,

Les articles de JIPS sont publiés sous licence Creative Commons Paternité 2.0 Générique.

## 1. INTRODUCTION

In recent years, with the emergence of smartphones, faster networks as well as standardized development platforms, such as Android™, iOS™ and Windows Phone™, more and more mobile communication and media devices have adopted video calling as one of their communication modes. While there have been devices capable of mobile video communication for several years, only recently has access to affordable mobile bandwidth and sufficient interoperability between devices been present, thanks to software such as Skype™. This could mean that more users are likely to have the capacity to host a videoconference through a mobile device, and they are able to connect to more devices. This marks a potential change for video communication from being used primarily in a business environment to everyday use.

However, much like the problems the telephone encountered when it was first transposed to a mobile environment, this transition to mobile videoconferencing is bound to face both old and new problems [O'hara et al., 2009]. Indeed, there are still unknown problems that will arise due to the changing habits of users, as they are constantly finding new ways to use their tools and to communicate with each other. That will provide great opportunities to reconsider how we think about and design mobility and communication. How do users communicate within their contexts through videoconferencing and, more specifically, what must be taken into account when we design a mobile videoconferencing interface capable of adapting to its context?

Through this study, we aim to gain a better understanding of the practices and behaviours during mobile videoconferencing, in order to grasp how interfaces are adapted to their users when they are mobile, what kind of experience they provide in mobility and how well they serve their users. The knowledge gained from this study will then be synthesized as potential design guidelines.

We observed the use of videoconferencing in a mobile context, the problems encountered during its use and what should be considered for the design of mobile videoconferencing interfaces. Sixteen users were observed in a series of conversational activities, both moving and stationary, followed by an interview about their experiences. The exchanges were studied to identify both their use of context and the information being exchanged between participants. Further information was gathered in the form of two focus groups of power users to identify habits and preferences of use.

We find a marked difference between using the front camera and the back camera. The front camera, used mostly to talk to someone, has a much bigger impact on mobility, while the rear camera provides more flexibility, but lacks image control. When users talk to each other, the video exchange seems to overwhelm the context, almost immobilizing them, while users concentrate on each other's image. When on the move and discussing their surroundings, their attention was divided between their environment and the communication, as they tried to either curate how their environment was seen or to replicate their perception of the space. Mobility seems to have an impact on the users' experience (*flow*) [Csikszentmihalyi, 1990] and workload during a video call; these appear to vary with the activity and the content being exchanged. The interviews with habitual users provide some insights on how users have adapted to these issues and suggest that videoconferencing requires a certain familiarity with the person they are talking to, but they value the rich experience it provides.

Finally, we offer some possible design guidelines for future videoconferencing interfaces.

## 2. MOBILE VIDEOCONFERENCING

Videoconferencing, also known as video communication and video calling, was foreseen since the birth of the telephone, when people dreamed that new devices would allow them to see the person they were talking to. Over time, several technological implementations were proposed and since the 1970s, videoconferencing has steadily evolved, going from analog to digital and gaining acceptance in the corporate world and for personal use.

Mobile videoconferencing, a recent technology on the market since the launch of 3G networks has gained increased support by service providers and handset manufacturers. In more recent years, the popularization of smartphones and operating system development platforms, such as Android™, iOS™ and Windows Phone™, has facilitated interoperability. This type of communication is now more accessible than it's ever been, making it a part of everyday life.

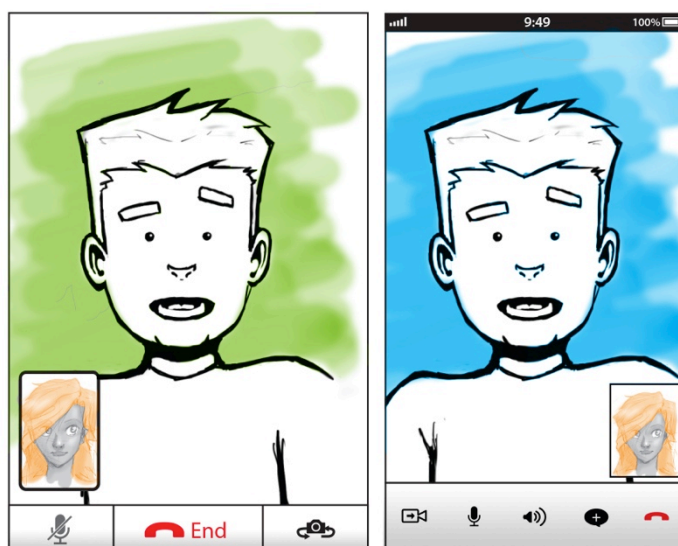


Figure 1. Interfaces of the two popular mobile videoconferencing applications (Facetime™ and Skype™)

However, while the technology has greatly evolved, the user interface has changed very little over time. Already, in 1936, the German postal service had a videoconferencing system available to the public through its postal system, in which "The head and shoulder image of a person is clearly produced" [anonymous, 1936]. By comparison, the interface offered in most popular modern systems (Figure 1) offers similar visual information, providing a view of the users' distant caller and a "mirror image" of the user. Current mobile videoconferencing interfaces have then changed very little from the ones found in personal computers. Just as in previous iterations of the technology, the user is shown both the distant and his own image, can control the volume, mute, hold or end the current call. Some features of their new platforms were adopted, such as switching to the back-facing camera to provide a view of what is in front of the user, but these features have had very little impact on the interface of these tools. Mobility also imposes some limitations, notably the need for a stable and fast connection, which often means that a Wi-Fi network is often required or, at least,

preferred to ensure call quality. Though all systems use a list of contacts in order to manage possible callers, the information provided about each contact by each system varies, with some systems communicating accessibility or status.

According to O'Hara *et al.* [2006], there are both social and technological barriers to the use of videoconferencing that explain this situation. While it was already established that it is a very formal and rigid type of communication [Reponen, Huuskonen and Mihalic, 2008], they noted that this technology requires more management from the user in order to compensate for possible poor sound, poor light or connectivity conditions and to manage the framing of the camera. Socially, it is a type of communication that is considered fairly intrusive, somewhat chaotic [O'hara *et al.*, 2006] and often reserved to communicate only with people users hold dear [Ames, Go, Kaye and Spasojevic, 2010]. Moreover, there are several social barriers between caller and recipient, caller and co-presents, as well as co-presents and others. The performance aspect of this type of interaction was also explored through other multimedia studies [Dalsgaard, Dalsgaard and Koefoed, 2008], suggesting a division between operating a system, performing for others and being spectators of their reactions, a process which shapes their interaction.

Others studies have also investigated ethnographic aspects of the use of both mobile phones [Morel, 2002] and mobile videoconferencing [Morel and Licoppe, 2009][Licoppe and Morel, 2012]. They describe how users create know-how, tricks and particular practices through the use of mobile phones, which are sure to continue with the next generation of phones. Moreover, they observed that when videoconferencing in a public setting, users adopt certain practices, such as interacting through a "talking heads" visual format [Licoppe and Morel, 2012], where they try to frame themselves in a thumbnail image (Figure 1), and how users self-organize their interactions. However, both studies concentrated on face-to-face communication and provide little information on the use of a back camera. Current phones also offer a different form factor than those used in previous research, providing a larger image and touch screen interfaces.

### 3. MOBILITY

Design requires understanding the context in which the devices are used. This is particularly challenging when designing mobile tools since mobility is an ill-defined term. Merriam Webster [2013] indicates it as the capacity of an objet to move or to be moved, thus suggesting a mobile context would be constantly changing. However, while it is easy to identify something that is mobile, it is much harder to understand why something is mobile.

The term "mobility" holds many meanings, depending on where it is being used. Cresswell [2006] organizes these definitions along the following axes:

*Mobility as an observable fact*: this definition approaches mobility more as "movement" and thus easily observable and measurable, like the definition mentioned previously. The "military" definition of mobility is an example of this [Cresswell, 2006].

*Mobility as a representational strategy*: the act of movement is seen as a metaphor for something else, such as "social mobility" [Cresswell, 2006].

*Mobility as a way of being*: mobility as an embodied experience, through which meaning is given to mobility [Cresswell, 2006]. For example, persons on a flight could be considered mobile because of their context rather than the notions that they themselves are in movement. This is in line with other research in

sociology, which approaches mobility as a construct of the user [Weilenmann, 2003].

In the field of computing, theories on mobility [Dey, 2001] are divided between quantitative approaches and more qualitative approaches, which consider the context in mobility as a representational problem. This is the approach taken by Weilenmann [2003], whose research analysed workers under constant mobility and with high demands for communication (airport and ski resort workers). Her research addresses the use of technologies during activities where people are on the move. She approaches mobility as a construct built and maintained by the user. During communication, the context is negotiated between participants in order to share a mutual understanding of the context of both parties. This mutual understanding of the context is consistent with the telepresence described for videoconferencing, which Reponen *et al.* [2008] explain as seeking to break down the physical barrier of places.

This technology then has the potential to help in the negotiation of context, by providing rich information to this exchange. Moreover, current mobile video calls might be able to compensate for problems identified in fixed videoconferencing systems, such as image control [Dourish *et al.*, 1996] and the sharing of virtual spaces [Kraut, Gergle and Fussell, 2002].

#### 4. CONTEXT

A mobile context, however, is a very demanding environment. Through a combination of social, physical and technological demands, the cognitive resources of users are reduced to very short spans [Oulasvirta, Tamminen, Roto, and Kuorelahti, 2005]. Therefore, while mobile videoconferencing can provide a rich and useful manner to communicate, it is important to approach it in a way that will take into account the negotiation created by the users and to understand what can be done to support this process.

To understand the mobile context, we must first be able to provide a definition of context. Many authors have provided such definitions [Dourish, 2004][Dey, 2001][Reponen, Huuskonen and Mihalic, 2008], using a series of dimensions, such as *time*, to create a structure to analyse context. However, these models often describe individual contexts or fail to explain how contexts can interact with each other.

Zimmermann *et al.* [2007] propose that context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. Elements for the description of this context information fall into five categories: individuality, activity, location, time, and relations.

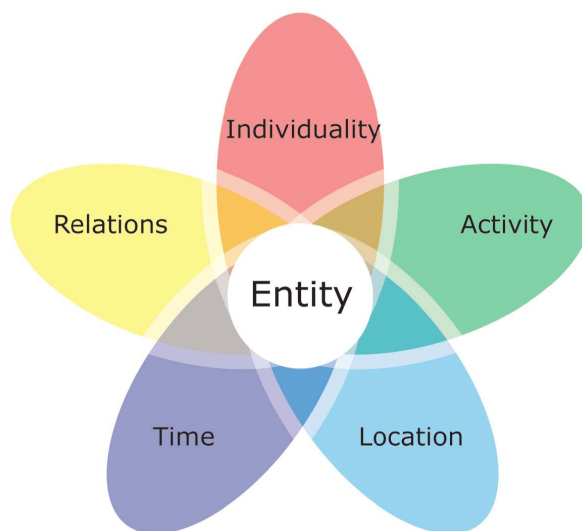


Figure 2. Interpretation of Zimmerman's context model

Individuality relates to any property that describes what the entity is and everything that can describe its current state (e.g., a plant, a human, a book or a group of people). Activity defines what the entity wants to achieve, what tasks and goals the entity will be or is involved in. It also provides insight on the need of the entity. Location is position-related information that may include quantitative locations, as well as IP addresses or other means of locating the entity. Time related information includes time zones, concepts of time, events, and intervals. The Relations aspect applies to any link the user has established to other entities. This encompasses social relations, functional concerns between two entities and compositional relations between the entity and its parts [Zimmerman *et al.*, 2007].

Zimmerman's model (Figure 2) thoroughly articulates the interaction between users and their contexts over other definitions and provides a basis of how two contexts connect and interact. This process relies on two entities sharing information of their five aspects, eventually settling on a common context. It provides a framework to analyze what is being exchanged during mobile video communications, and thus understand how context is communicated through to the other person and what aspects are important to the communication.

## 5. METHODOLOGY

In order to explore the potential of this type of communication, we looked at everyday use rather than work-related activities, as technologies are providing new opportunities in this space. To understand usage in everyday situations, we chose to look at how it is used during specific tasks and to meet with regular users about their habits. While this does not provide a direct view of everyday usage, it should provide clues as to how users would approach these situations in real-life and what they have learnt from their use.

## 5.1 Participants

For this research, participants were selected through 20-30 year-olds, as they approximate the average age of mobile phone users [Wolfram alpha, 2013]. All participants had at least some experience with video conferencing and with mobile devices. To ensure that participants would be discussing with a known interlocutor, they were chosen among university students from the same program, in order to allow exchanges to happen between people who either knew each other or shared the same academic context and thus could have more convivial exchanges.

During the course of this exploration, we conducted observations of three ad-hoc videoconferencing activities and of two focus groups.

## 5.2 Videoconferencing Tools

To observe how users behave during mobile videoconferencing, three different activities were devised. This segment of the research was conducted using a modified Apple iPod Touch™, equipped with an application allowing the capture of its screen in a separate computer, Display Recorder. This was chosen because it provided a near real-time view of the device's screen and helped provide a lighter test tool by taking advantage of the device's capacities. This was inspired by Morel's work in the field [Licoppe and Morel, 2012] and it allowed participants to use the device unhindered by any research equipment, such as cameras or backpacks. It could also be used during the video call with little impact on lag times, as our initial tests showed less than a second in added lag. This allowed us to remain closer to normal use of the device, albeit with a severely reduced battery time. Participants were also provided headphones, since the device's speakers were too weak to use in a public space.

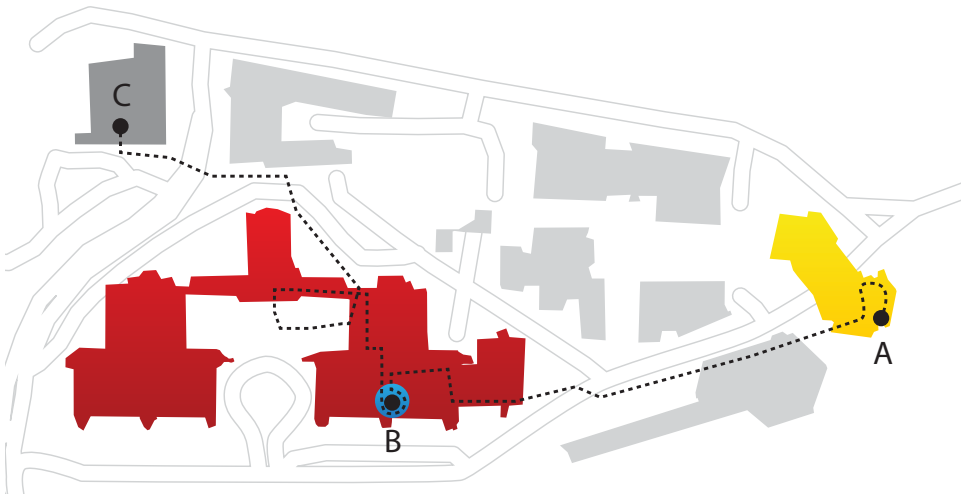


Figure 3. Map of testing activities

The research was conducted on the university campus (Figure 3), which provided large enough Wi-Fi network coverage to allow for a large array of spaces where mobile videoconferencing was possible. Because of network coverage irregularities found during test preparation, the research was conducted with a single mobile participant

discussing with a research assistant as the distant caller, sitting at a desktop computer. This limited network strains on the connexion to one side of the exchange.

### 5.3 Videoconferencing activities

The three communication activities were chosen according to the type of relationship with the context and with mobility they presented. While this may not represent the most popular uses of videoconferencing, they provide clear modes of interaction to observe the participants in three clear situations: a baseline situation, holding a conversation in a public space, a situation where they had control over the context of the activity, by presenting a space, and an activity where they were dependent on their caller to understand their context, by navigating a space.

During these activities, the research assistant provided the instructions and was asked to maintain a conversation during the tests, relevant to the situation at hand.

*Conversation:* Participants were placed in a public place, one of the main university cafeterias, where they were asked to call the research assistant and carry a conversation for 10 to 15 minutes, on a subject of their choice. Participants were free to choose where to hold the conversation. This situation serves as a comparative baseline for the other two, to observe behaviour described in other research, such as behaviour regarding usage in a public space.

*Presenting a space:* Participants were placed in a small exhibition hall, in the rare books section of one of the university libraries. Here, the participants had to visit the exhibit accompanied by the distant research assistant. Participants were in a situation where they had to move in a large room in order to explore the space: they were in control of their context, as they chose where to go. During this activity the assistant would inquire about what the participant was presenting, the room they were in and their impression of the exhibit. In this position, participants will have to interact with their immediate context, but will have control over the interaction, which will help us observe how they will position themselves and how they will use their context.

*Navigating (from point B to point C):* In this instance, participants were given instructions by the distant research assistant through a video call to guide them through various environments, such as an outdoor section. This activity placed users in movement and gave them little control over the context, as they had to rely on the instructions from the distant caller. This provides a situation where their surroundings will have different meaning depending on external elements and that will allow us to observe how that space is mediated between callers.

Activities were organized so that they would happen along a path where the video calls could take place. The participants began at a specific point on the campus and crossed a part of it, completing activities along the way. They had to present a space, have a conversation in a public space and then navigate into a building. The navigation activity was broken down into two parts to make the most out of the chosen path. Participants experienced a simpler version of the navigation activity before the conversation and a more complex version afterwards.

## 5.4 Assessment

During each activity, the following data was recorded:

**Videoconference:** the video conversation was recorded for both participant and distant caller, providing a perspective of the whole conversation. The content of these conversations was transcribed verbatim and was analysed to indicate references to any of the five aspects of context presented earlier, which could then be compared proportionally.

**Shadowing** [McDonald, 2005]: two observers followed the participant, taking notes on behaviour, the relationship to the observable context and actions not seen by the user's camera. The observers would follow from a distance, without interacting with the participant (Figure 4). This approach was chosen because it allowed us to observe the participants in action, but also because recording the activities in a public setting would have raised ethical concerns.

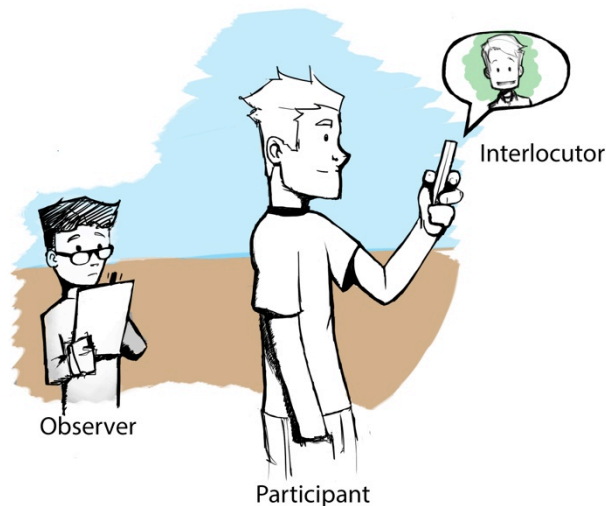


Figure 4. Mobile videoconferencing activities assessment

**Workload:** following each activity, participants filled a NASA TLX workload survey [Hart and Staveland, 1988] providing cognitive information on the tools used, both what was imposed on the user and the user's interactions with the tool toward the task. This information is crucial to qualify the nature of activity being undertaken and to establish a comparative element between activities.

**Optimal experience** [Csikszentmihalyi, 1990]: following each activity, users filled out a form inquiring about their different psychological states at the beginning, middle and end of the activity, providing information on their experience. Flow [4] is a complex psychological state that is described as a perceived optimal experience. It is described as high involvement in a complex activity that requires concentration, brings enjoyment and intrinsic motivation. The balance between challenges and skills determines the flow state, giving rise to eight possible dimensions: apathy, worry, anxiety, arousal, flow, control, boredom, and relaxation.

Assessment requires participants to identify which aspect described their best psychological state. Due to the exploratory nature of this study, this is useful in order to identify the quality of the participant's experience with the tools. They would be asked to describe their experience during the test, using a chart describing the possible states described in Flow theory (Figure 5).

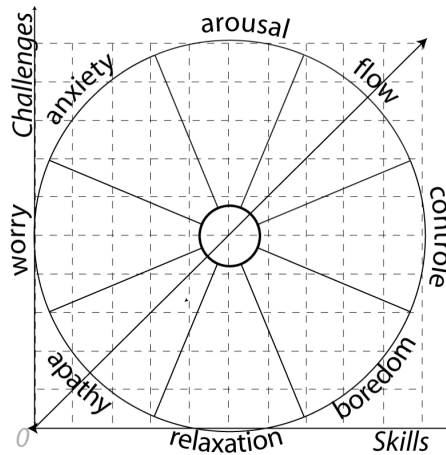


Figure 5. Flow assessment

Exit interview: at the end of the three activities, a 15-minute interview regarding the participants' experience, awareness of their context and usage during the tests was conducted to collect their comments and validate observers' opinions.

Because this was an exploratory study, we opted for a number of measurements allowing us to triangulate our observations with more precision. For instance, the experience assessment through optimal experience helped us to understand the workload better; and the observation and end interview, to better contextualise the results of both the experience and the workload assessment.

### 5.5 The habits of users

To investigate daily habits we formed two focus groups organized amongst a section of participants who had regular experiences with mobile videoconferencing. This approach was chosen as it would allow for more flexible discussion and a better comprehension of the participant's answers.

The first group were family members between the ages of 20 to 30, composed of three young women and two men. As part of the same family unit, they would use mobile videoconferencing tools almost daily, generally to talk with other family members in other countries, going as far as sharing some meals through video calling.

The second group was comprised of three men aged 25 to 30. They would usually use videoconferencing with their friends and family.

Both groups filled out a survey on their use of mobile videoconferencing tools. It covered general usage questions, such as the type of device and frequency of use. The participants were questioned on their habits and outlooks on videoconferencing.

## 6. RESULTS

Results are presented according to the observations made during the three proposed activities and the information gathered from focus group sessions.

### 6.1. Videoconferencing activities

Mobile videoconferencing activities were successfully completed over the course of three weeks. Through recruitment, 16 participants were chosen for the activities, rather than the 20 originally planned, due to problems of availability and difficulty in finding participants with sufficient experience with mobile video conferencing. It should be noted that tests were completed using headphones. During pre-tests the device proved to have insufficient audio levels for a public space. Attempts to correct were unsuccessful, mostly due to the extra strain of a speaker on the device's battery. It was finally decided to use headphones, which precluded exploring problem of audio in these devices beyond the problems already identified in other research [Morel and Licoppe, 2009].

#### *Conversation*

This activity provided an interesting basis, as it is a basic use case. It was completed by sixteen (16) participants in an average of thirteen (13) minutes without any major technical problems.

When presented with a choice of locations to hold the conversation, all participants looked for an area with less people. During this activity, participants sat and held the same position (Figure 6) for almost the entire length of the conversation, often trying to rest the device in front of them or fashioning temporary supports. After a few minutes, some would show signs of discomfort, but did not change their position. None of the participants chose to stand during the activity, later mentioning that it was important for them to be comfortable during this time.

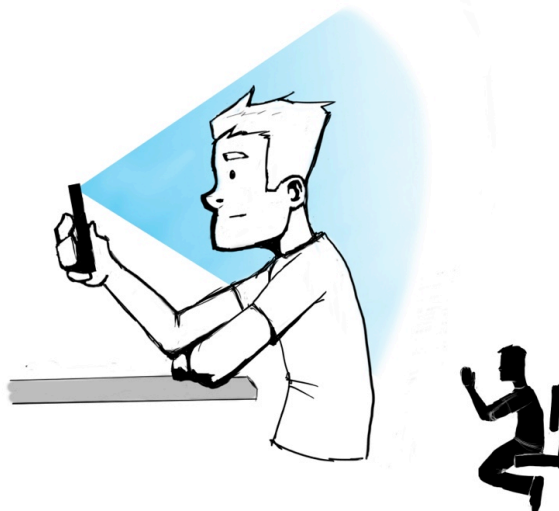


Figure 6. Observed position during conversation tests

As the activity went on, the environment seemed to be of little importance, as most participants concentrated on talking to the other person and would only look elsewhere or mention their environment if something was perceived as annoying, such as a very hot room, or if someone walked by close enough for them to feel threatened.

Participants identified audio/video synchronicity as being very important for the conversation, because they felt it became difficult to understand the other person when sound and video were transmitted at different speeds. Sound was identified as being more important than video; participants felt they were properly connected if they had sound, they could deal with less-than-real-time video situations. This was something already mentioned in previous research (Tang And Isaacs, 1992), when video was limited by technology, but remains valid. The “mirror image” presented to users was also seen as fairly distracting; while some admitted to spending part of the conversation looking at their image rather than the other callers’, it was described by a participant, “as talking to someone while having a mirror next to their face”. Others felt pressured to stare at the distant caller. They mentioned feeling that the other person was constantly watching them and felt compelled to try to keep looking at them. They stated that in a normal conversation they would spend more time looking around.

When questioned about their experience, participant noted a clear tendency toward *flow*, followed by control and, at the end of the activity, boredom. When comparing the task load index (24,83) to the other activities, we find this activity to be the lowest scoring of the three. The load is described as being mostly tied to effort, followed by mental demand (Figure 8). Considering this was an activity all participants had already experienced, this last step is consistent with tools that they quickly mastered and that would not provide new challenges.

In most of the conversations, the focus of the participants was on the activity (Figure 7); while there was little mention of other aspects of context, save for a few mentions of past events. We also observed that the end of every videoconference was very structured, as users would often greet the distant caller twice before shutting down the connection.

### *Presenting a space*

This activity introduced mobility in the conversation and left the participants in control of how their environment was communicated. Most tests were completed without any problems, but some experienced short losses of signal, which caused the connection to drop. On average, this activity was completed in 14 minutes.

In contrast to what was observed during the conversation, participants experimented with different ways of showing their environment or answering the requests of the distant research assistant.

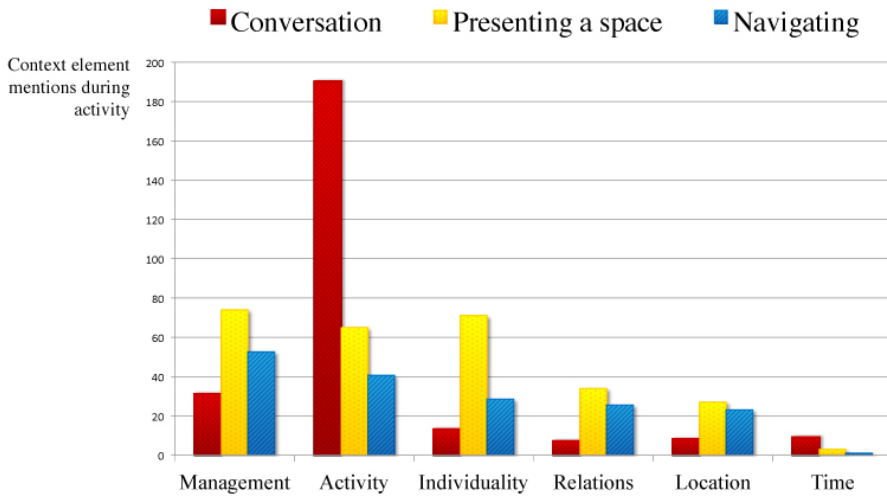


Figure 7. Proportion of context elements mentions per activity

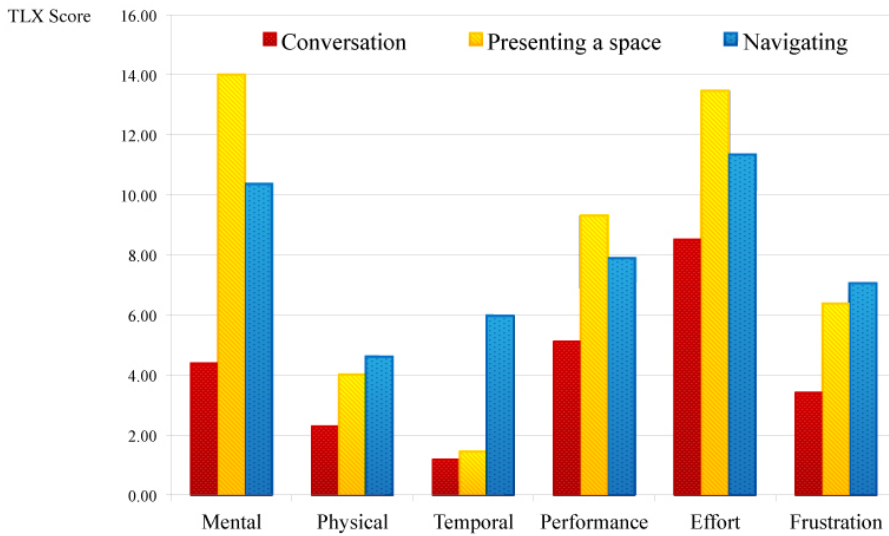


Figure 8. Workload scale per activity

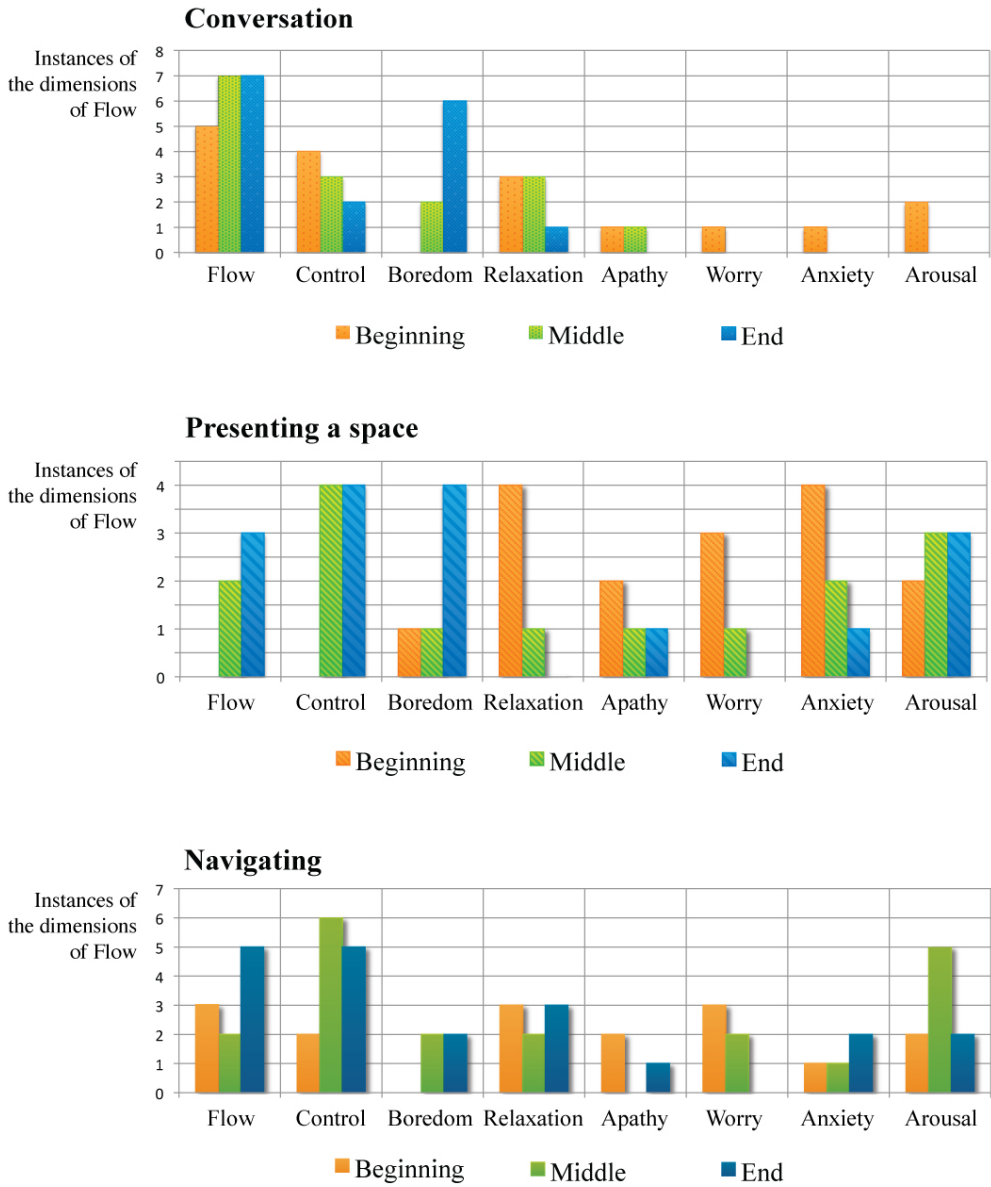


Figure 9. Number of instances of the dimensions of Flow as noted by participants per period of activity.

Near the beginning of the activity, participants would spend a few moments talking with the interlocutor. It is during this period that the participants would receive the instructions for the activity, but it was also an opportunity to notice the position the participants would take. In this situation, most participants would remain in place, holding the phone at face level (Figure 10).



Figure 10. Observed position early in the tests

When presenting a space, participants would attempt to frame elements of the exhibit and maintain a stable image, while looking around to figure out what they would show next.

We also observed that users would experiment in ways to indicate elements or provide more precision within the image that they were sending, often trying to point towards something on the image by pointing with their finger in front of the camera or maintaining the camera in position while they read out loud the object's history. During this activity, participants dissociated audio exchanges from the visual dimension. While they maintained a verbal conversation with the research assistant, they would be scanning their environment, looking for further things to discuss. They treated the device like a camera, panning, zooming and trying to provide stable images. When asked about the relationship they felt to the device at that point, nearly all of them still viewed the device as a means of real-time communication, rather than a camera.

While the majority of participants followed this pattern, a participant that did not change the camera orientation proceeded to verbally relate the experience of the space. The participant would show the general environment by turning the phone towards the environment and then returning to a face-to-face relationship to verbally describe the details of the environment.

When looking at the participant's experience, we find that this activity progresses from *relaxation* and *anxiety* towards *control*, *flow* and *arousal*, a progression similar to the one described by Csikszentmihalyi [Csikszentmihalyi, 1990].

The discussion analysis shows that participants are mainly linking the spaces and objects they are presenting (Figure 5), then identifying their context and maintaining a focus on the activity aspect of their context. Their experience during this test is divided equally between arousal, control and anxiety (Figure 6). Workload data show that this was the activity with the highest workload, mostly characterized by high mental demand, effort and performance (Figure 7).

### *Navigating*

The navigation activity was certainly the most challenging one, since it required the participants to navigate in a changing environment while communicating. Network quality was an issue during this test, as some sections of the pavilion tend to block Wi-Fi coverage, cutting the video call and requiring a few seconds to reconnect. Even if precautions were taken to try to keep connection losses to a minimum, all participants had at least one incident during the test. On average, this activity was completed in 8:50 minutes, with a standard deviation of 1:59 minutes. It should be noted that since participants could get lost or miss instructions, their path was slightly different in each case.

In comparison to behaviours seen while presenting a space, where there was some experimentation with different means of showing the space, participants' efforts were focused on sharing their experience of the environment. From the beginning of the activity all participants chose to use the back-facing camera, keeping it in front of them and using the image provided to see their space, almost like a window. Participants would then try to maintain this position, breaking away from it only when they found themselves in front of complex obstacles like stairs.

Furthermore, we observed decisions being taken purely based on the shared video feed (as opposed to the real context surrounding them), as participants would choose which way to go by showing the corridors to the distant research assistant, who would identify which one to choose.

When describing their behaviour, participants said they tried to produce a stable image, avoiding sudden movements, considering that what they saw was what the other person was seeing. This notion was also at play when trying to explain to the assistant their position on a map, moving a hand in front of the camera, pointing out their location (Figure 11).

Once the participants understood that the communication could fail, they often checked with the distant research assistant to make sure the connection was still fast and lag-free.



*Figure 11. Observed pointing behaviour*

An analysis of their exchange reveals that they mostly exchanged about their activity, their individuality and their relations (Figure 7). Indeed, many decisions during the test were taken by referencing what was being shown on the camera. Participants mostly experienced this activity as being in control, followed by flow and arousal (Figure 9). Workload for this activity was higher (more demanding) than holding a conversation, ranking effort, mental demand and performance as an issue, but also noting a high temporal demand, which none of the other activities identified (Figure 8). It should be noted that technical problems during this activity were higher than in the other two activities, which some participants identified as an elevated source of frustration.

In this case, videoconferencing appears to create a limited context shared by both users, rather than an exchange of contexts. In this space, framed by what's being shown through the device, many decisions are taken with information relative to both users, for example defining a location to go to as "there".

During exit interviews some commented on the interface's behaviour during this phase. A few participants noted a difficulty in switching cameras. This process was seen as slow, which is why they chose to use only one camera, the back camera, as soon as possible. This may be more specific to Skype's mobile interface, as it hides the button to change cameras after a few seconds.

## 6.2. Focus groups

The purpose of the focus groups was to understand how videoconferencing was used in an everyday context and to gather information about how they related to

videoconferencing. The participants of two groups of habitual users had begun using mobile videoconferencing one to two years prior to this research.

Participants from both focus groups saw mobile video-conferencing as a way to primarily contact people they hold dear. The issue of privacy was raised during a session, as the participants agreed that a mobile video call requires the users to be in an environment that they feel is private enough. The first group, forming a family group, would arrange video calls with a member of their family and would put someone in charge of maintaining visual contact with the distant caller. This way, they managed to exchange during other activities, such as meal preparation and mealtime. The second group included three young males, aged between 25 and 30 years old. They clearly identified videoconferencing as a privileged communication medium, as they communicate with people they already have a relationship with and would frown on the usage of the technology for more commercial purposes, such as being contacted by their mobile phone service provider.

A majority of them owned an Apple iPhone™, used Facetime™ as their main videoconferencing application and held at least one 5 to 10-minute conversation every week. They generally do not prepare in any particular way before making a video call, but they do make sure they are not in a noisy room or somewhere with low light.

## 7. ANALYSIS

While current videoconferencing tools seem to properly support face-to-face communication, they do so in a fairly restrictive way, reducing user mobility and asking that they maintain a position the devices do not support. Moreover, there is a marked difference between what was identified when users were presenting themselves and when they were presenting a space.

When users were using the front facing camera to talk to each other, their mobility was reduced, as they struggled to maintain a position where their image would be judged acceptable and while keeping track of their context. Indeed, during any of the three activities, a switch to the front facing camera would cause participants to slow down and eventually stop moving. This behaviour supports the need to replicate an “acceptable” picture, a view of the face and shoulders of both participants, which was identified in previous research [Licoppe and Morel, 2012].

But there was a marked difference in how participants behaved when using the back camera of the device visible in the workload and optimal experience data. During the navigation and exploration activities, the video image captured by the device became a way for participants to explore the space, almost as if through a window. In this mode, real-time interaction is not as important as the capacity to convey what participants understand of their context, as it tends to act as common ground between the two callers. Context is used in a broader way; the users experiences are less optimal and are under a higher workload. Participants also tended to separate more the spectating and the directing activities mentioned by Morel and Licoppe [2012], also described in other multimedia installations [Dalsgaard *et al.*, 2008], which raised different communicational needs, such as pointing an element on the shared image.

It should be noted that observations from the tasks do not quite represent the routine usage, but that it provides insight into how users would approach these situations. Furthermore, the behaviours observed only cover one side of the conversation, as participants were talking to a research assistant. We tried to reduce biases that this could introduce by having someone the participants knew as the research assistant.

## 8. PROPOSED DESIGN GUIDELINES

Our approach is to take a stance as designers and explore solutions to the problems found in this study through a design process, in line with approaches proposed by Findeli and Coste [2007] for project-grounded research in design. Following our analysis of the different observations concerning the context, the psychological states and the workload, we propose some design guidelines for future mobile videoconferencing interfaces. We hope they will begin to answer the needs and problems identified during our observations, so that we can provide better ways for users to express themselves and ways for designers to rethink video communication in a mobile age.

### *Interfaces for meeting, interfaces for showing*

Comparing our observations, data from optimal experiences and workload, we find a marked difference between using the front camera and the back camera. Those measurements suggest that the activities that would involve the latter require tools or features that could help users convey their context.

### *Mirror image made invisible*

While our observations suggest that the videoconferencing tools available for face-to-face communication provide a pleasant experience, they still present some very interesting design challenges. Chief among them is the need to maintain a visual contact with the other person, which was seen as demanding by some participants. For example, the mirror image is necessary during the first few minutes of a video call, but it could be made invisible to oneself, as long as the device is kept stable or as long as the face of the user can be seen in the picture. This could reduce the distractions identified during our interviews, while keeping the image available when needed.

### *Rethinking interactions*

Taking full advantage of devices currently available, videoconferencing interfaces could be designed to reduce reliance on buttons, opting for more direct ways of interacting. For example, a touch screen could also serve as a way to create a *pointer*, transmitted to the remote user to create gestures, simple sketches or directions (Figure 12). This would support behaviours observed when exploring or navigating spaces. Gesture controls could help provide more spontaneous controls, as long as care is provided to avoid gestures that could make the device harder to hold. For example, holding a finger on screen could freeze the image, letting users explore what is being shown.



Figure 12. A possible pointer system, used by moving a finger in the screen

The same goes for the accelerometer usually found in mobile platforms. For most of our tests, participants would hold the device vertically to talk to the distant research assistant, but put it sideways once they wanted to show something. This could be a very simple way to trigger the switch from the front to the back camera as well as showing the image that is most adapted to the screen orientation (Figure 13).

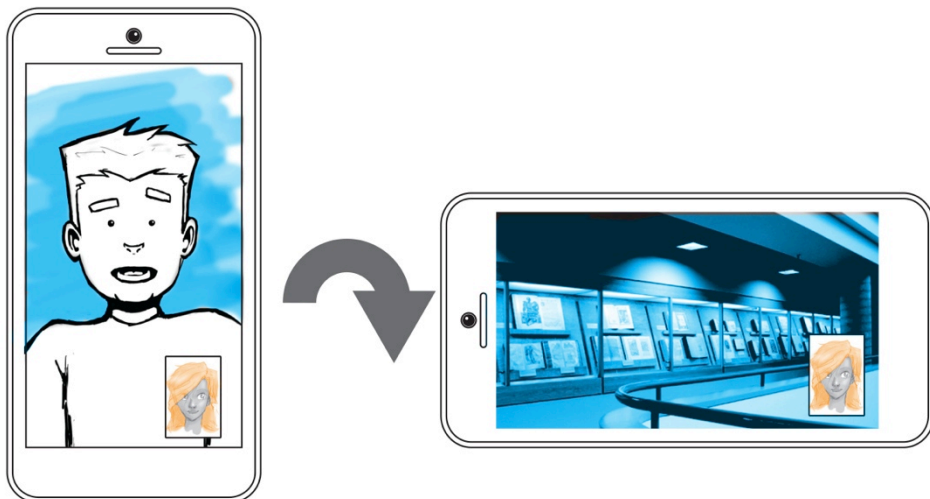


Figure 13. Switching cameras on orientation change

Stopping a conversation with the use of a simple button puts users in a position to inadvertently turn off the communication, as witnessed during one test. Designers should take this into account as some patterns already in use, such as swiping a button to confirm, would render the choice to end a conversation a conscious move and make sure the method to disconnect cannot be triggered by mistake.

### *Creating meaning*

Creating meaning by conveying a message or adding meaning to what is being shown was a challenge for participants as it was often done against the real-time nature of the videoconference. In every one of our tests we saw participants try to go around the camera to show something in the image, or to try to keep a shot steady so they could be sure the other person could see them well. Much meaning relies on what is shown, and therefore controlling the framing of the image becomes a lynch pin of videoconferencing. Users were observed compensating for the lack of stability in the image as well as for its lack of precision, by pointing out details by moving one hand in front of the camera. Offering a way to create points of reference in the video could offer a way to provide the precision needed. Adding image stabilization, something that should be technologically feasible in the foreseeable future, might help users to require less work to maintain a stable image, but it is also important to allow them to concentrate on a single image. This could be done in a variety of ways, such as pressing and holding on the video, but it would mostly free the users to move about if needed, without having to sacrifice the possibility to discuss a point of interest.

Expanding on this idea opens possibilities to purposefully stop the video, rewind it for a few seconds, or to replace it by a picture or a video captured earlier, allowing users to review or to maintain an image without being physically tied to their position. During our tests, sound was identified as more important than video in order for the subject to feel the presence of the other caller, which could support a disjunction between video and sound. This could mean a major change for current tools, going against part of its real-time nature, but it could provide some very interesting possibilities. By maintaining a constant sound presence and providing control over the video, we create the possibility of using video as a support to the communication, as well as providing a measure of image control to the users without sacrificing the connexion they have established.

## 9. CONCLUSIONS

Overall, our observations suggests that the videoconferencing interface analysed here worked well for the purpose of holding a conversation, but still presented a challenge to maintain this exchange over time in a comfortable way. The constant presence of voice communication was identified as helping maintain the feeling of presence, creating at times an optimal experience for its users. Certainly a challenge lies with returning some mobility to the user who is almost immobilized during a call by the real-time nature of video communication. Users feel responsible both for the quality of the image and, especially when showing the environment, the quality of the content. If earlier research inferred that users would benefit from more image control [Dourish *et al.*, 1996], our observations suggest that controlling the image in real-time is actually very demanding for the user who feels pressured by the immediacy of the exchange and that there is a need for a different approach to image control that would provide more flexibility to the callers.

This requires not only a revision of current interfaces, but also to rethink how this type of communication is presented to the users. As such, our data seems to corroborate the findings of previous research [Licoppe and Morel, 2012][Morel And Licoppe, 2009], so it would seem that users might still be adapting to the new technology. However, there is a notable difference in how the users behaved and used videoconferencing when “sharing” their context with the back-facing camera. The content of their discussion was different; the tools received higher workload and were less conducive to an optimal experience. The behaviours observed suggest that the current tools available are lacking

in many ways and require an increased flexibility in image controls to fulfil the user's need to convey and create more meaning through what is being shown.

In fact, our observations have led us to believe that current mobile videoconferencing applications behave as old technology in new systems, and that they do not really provide the flexibility needed in a stationary conversation, when moving or showing something. The mobile videoconference interface needs to evolve towards the user experience, by enhancing, augmenting it.

The proposed design recommendations have yet to be tested, but we believe the contributions raised by this study are relevant and could be prototyped and analysed in further work. The challenge facing the design of mobile video-conferencing interfaces is dual: Keeping the relationship with the distant caller and the creation of a context shared by both callers. The introduction of videoconferencing to a mobile context is then not only a source of new problems, but a chance to create better, more meaningful communication tools.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Annemarie Lesage, Edgar Pérez, Olivier Plante, Alberto Restrepo and Isabelle Deslauriers for their support. We would also like to thank the MATI-Montreal, The Faculty of Post-Doctoral Studies of the Université de Montréal, CITÉ and the Bell chair for new technologies for the financial support.

## RÉFÉRENCES

- AMES, M., GO, J., KAYE, J. AND SPASOJEVIC, M. Making love in the network closet: The benefits and work of home videochat. *CSCW'10: Proceedings of the 2010 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, (2010), 145-154.
- ANONYMOUS. Public Television in Germany. *NATURE* magazine 137, p. 391 (07 March 1936), Retrieved May 05, 2013 from <http://www.nature.com/nature/journal/v137/n3462/abs/137391a0.html>.
- CRESSWELL, T. *On the Move*. Routledge, London, UK, (2006), 3-4.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper and Row, New York, USA, (1990).
- DALSGAARD, P., DALSGAARD, H. AND KOEFOED, L. Performing perception - staging aesthetics of interaction. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, (2008), 1-33.
- DEY, A., ABOWD, G. AND SALBER, D.A. Conceptual Framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*, 16 (2), (2001), 97-166.
- DEY, A., Understanding and using context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5 (1), (2001), 4-7.
- DOURISH, P., What we talk about when we talk about context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8 (1), (2004), 19-30.
- DOURISH, P., ADLER, A., BELLOTTI, V. AND HENDERSON, A. Your place or mine? Learning from long-term use of audio-video communication. *Computer Supported Cooperative Work*, 5 (1), (1996), 33-62.
- FINDELI A., COSTE A. De la recherche-création   la recherche-projet: un cadre théorique et m ethodologique pour la recherche architecturale. *Lieux communs*, 10, (2007), 139-161.

- HART, S.G. AND STAVELAND L.E. Development of a NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In Hancock, P.S. and Meshkati, N. (eds), *Human Mental Workload*. Amsterdam, North-Holland, (1988), 139-183.
- KRAUT, R.E., GERGLE D., AND FUSSELL, R.S. The Use of Visual Information in Shared Visual Spaces: Informing the Development of Virtual Co-Presence. *Proc. 2002 ACM conference on computer supported cooperative work*. ACM Press, (2002), 31-40.
- MCDONALD, S. Studying actions in context: a qualitative shadowing method for organizational research. *Qualitative Research*, November 5 (2005), 455-73.
- MOBILE [DEF 1]. (N.D.). retrieved march 28, 2014, from <http://www.merriam-webster.com/dictionary/mobile> 2013.
- MOREL, J. AND LICOPPE, C. La vidéocommunication sur téléphone mobile. Quelle mobilité pour quels cadres? *Réseaux*, 4 (156), (2009), 165-201.
- LICOPPE, C. AND MOREL, J. Video-in-Interaction: "Talking Heads" and the Multimodal Organization of Mobile and Skype Video Calls. *Research in Language and Social Interaction*, 45 (4), (2012), 399-429.
- MOREL, J. Une ethnographie de la téléphonie mobile dans les lieux publics. *Réseaux*, 2, (112-113), (2002), 50-77.
- O'HARA, K., BLACK, A. AND LIPSON, M. Media spaces and mobile video telephony. *Media space 20+ years of mediated life*. Springer-Verlag, London, UK, (2009), 303-323.
- O'HARA, K., BLACK, A. AND LIPSON, M. Everyday Practices with Mobile Video Telephony. *Proc. CHI '06*. ACM Press (2006), 871-880.
- OULASVIRTA, A., TAMMINEN, S., ROTO, V., AND KUORELAHTI, J. (2005, April). Interaction in 4-second bursts: the fragmented nature of attentional resources in mobile HCI. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 919-928). ACM.
- REPONEN, E., HUUSKONEN, P. AND MIHALIC, K. Primary and secondary context in mobile video communication. *Personal and Ubiquitous Computing*, 12 (4), (2008), 281-288.
- SELLEN, A.J. Remote conversation: the Effects of Mediating Talk with Technology. *Human Computer Interaction*, 10, (1995), 401-444.
- TANG, JOHN C., AND ELLEN ISAACS. "Why do users like video?." *Computer Supported Cooperative Work (CSCW) 1.3* (1992): 163-196.
- URRY, J., *Mobilities*. Polity Press, Malden, UK. (2008).
- WEILENMANN, A. *Doing mobility*. Doctoral dissertation. Gothenburg Studies in Informatics. Göteborg University. Sweden (2003).
- WOLFRAM|ALPHA (2012). Retrieved May 14, 2013, from <http://www.wolframalpha.com/> with query [average age of cell phone users].
- ZIMMERMANN, A., LORENZ, A. AND OPPERMAN, R. An operational definition of context. *CONTEXT'07 Proc. 6th international and interdisciplinary conference on Modeling and using context*. Springer-Verlag, Berlin (2007), 558-571.



**Ignacio Calvo** holds a masters (M. Sc. A.) in Design and Complexity. He is a research assistant at the Hybridlab and UX designer for Yu Centrik. He also teaches advanced computer graphics and animation at the school of industrial design of the Université de Montréal.



**Tomás Dorta** has a background as a practitioner architect and designer. His research interests include the design process and co-design using new technologies and the development of new techniques and devices of design in the virtual realm. He obtained his Ph.D. (2001), studying the impact of virtual reality as a visualization tool into the design process. His research has been extensively funded by Canadian's federal and provincial research grant institutes and published and presented in several international scientific conferences as well as scientific journals. As a design educator, Tomás Dorta joined the School of Design of Université de Montréal in 1997 where he is now associate professor. He teaches design research and computer graphics courses and industrial design studios related to new technologies, design collaboration and bionics. Tomás Dorta is the director of the Design research laboratory Hybridlab.



**Jean-Marc Robert** est professeur à l'École Polytechnique de Montréal où il enseigne l'ergonomie cognitive appliquée aux interactions humain-machine (IHM). Il détient un baccalauréat et une maîtrise en psychologie de l'Université de Montréal et un doctorat en psychologie appliquée (ergonomie cognitive) de l'Université Paris V (La Sorbonne, 1982). Il a été chercheur à Xerox-PARC (Californie, 1983) et a fait des études postdoctorales au NASA-Ames Research Center (Californie, 1983-1985) dans le domaine des IHM. Ses recherches portent sur l'expérience utilisateur, l'utilisabilité des IHM, la conception et l'évaluation ergonomique des IHM, et l'ergonomie prospective pour la création de futurs produits et services.

## Vers des Agents Conversationnels Animés dotés d'émotions et d'attitudes sociales

Magalie Ochs, Yu Ding, Nesrine Fourati, Mathieu Chollet, Brian Ravenet,  
Florian Pecune, Nadine Glas, Ken Prepin, Chloé Clavel, Catherine Pelachaud

### ► To cite this version:

Magalie Ochs, Yu Ding, Nesrine Fourati, Mathieu Chollet, Brian Ravenet, et al.. Vers des Agents Conversationnels Animés dotés d'émotions et d'attitudes sociales. Journal d'Interaction Personne-Système, Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (AFIHM), 2014, 3 (2), pp. 1-23. hal-01190028

HAL Id: hal-01190028

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01190028>

Submitted on 1 Sep 2015

**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.

# Vers des Agents Conversationnels Animés dotés d'émotions et d'attitudes sociales

MAGALIE OCHS, YU DING, NESRINE FOURATI, MATHIEU CHOLLET, BRIAN RAVENET, FLORIAN PECUNE, NADINE GLAS, KEN PREPIN, CHLOE CLAVEL ET CATHERINE PELACHAUD

CNRS-LTCI, Télécom Paris Tech, Paris, France

Résumé : Dans cet article, nous proposons une architecture d'un Agent Conversationnel Animé (ACA) socio-affectif. Les différents modèles computationnels sous-jacents à cette architecture, permettant de donner la capacité à un ACA d'exprimer des émotions et des attitudes sociales durant son interaction avec l'utilisateur, sont présentés. A partir de corpus d'individus exprimant des émotions, des modèles permettant de calculer l'expression faciale émotionnelle d'un ACA ainsi que les caractéristiques de ses mouvements du corps ont été définis. Fondés sur une approche centrée sur la perception de l'utilisateur, des modèles permettant de calculer comment un ACA doit adapter son comportement non-verbal suivant l'attitude sociale qu'il souhaite exprimer et suivant le comportement de son interlocuteur ont été construits. Le calcul des émotions et des attitudes sociales à exprimer est réalisé par des modèles cognitifs présentés dans cet article.

Mots clés : Agent Conversationnel Animé ; émotions ; relations sociales, attitudes sociales.

Abstract: In this article, we propose an architecture of a socio-affective Embodied Conversational Agent (ECA). The different computational models of the architecture enable an ECA to express emotions and social attitudes during an interaction with a user. Based on corpora of actors expressing emotions, models have been defined to compute the emotional facial expressions of an ECA and the characteristics of its corporal movements. A user-perceptive approach has been used to design models to define how an ECA should adapt its non-verbal behavior according to the social attitude the ECA wants to display and the behavior of its interlocutor. The emotions and the social attitudes to express are computed by cognitive models presented in this article.

Key words: Embodied Conversational Agent, emotions, social relations, social attitudes.

---

Adresse des auteurs : Equipe Greta, (greta@telecom-paristech.fr), CNRS LTCI, Télécom ParisTech, 38 rue Dareau, 75014 Paris, France.

Les articles de JIPS sont publiés sous licence Creative Commons Paternité 2.0 Générique.

## 1. INTRODUCTION

Aujourd'hui, l'essor des nouvelles technologies place les systèmes interactifs dans des rôles de plus en plus variés, typiquement incarnés par des humains, tels que celui de tuteur, de compagnon de jeu, ou encore de conseiller. Lorsque ces systèmes interactifs sont dotés de caractéristiques de la communication humaine, les utilisateurs tendent à interagir naturellement et socialement avec ces derniers comme s'ils étaient humains [Kramer, 2008]. Ce rapprochement de la communication humaine dans les interfaces virtuelles peut être atteint en utilisant des artefacts humanoïdes capables de simuler la richesse de la conversation humaine. Les récents progrès dans les technologies informatiques ont rendu possible la création de ces artefacts, appelés *Agents Conversationnels Animés* (ACAs). Un *agent conversationnel animé* est un personnage virtuel créé par l'ordinateur qui peut converser avec les utilisateurs d'une façon naturelle à travers un langage verbal et non-verbal [Cassell, 2010]. Dans cet article, nous considérons les personnages virtuels humanoïdes mais les ACAs peuvent s'incarner sous d'autres formes plus ou moins réalistes.

Pour concevoir des ACAs capables d'incarner différents rôles efficacement lors d'une interaction avec l'utilisateur, à l'image de l'humain, ces derniers doivent être dotés d'une certaine forme d'*intelligence socio-émotionnelle* [Kihlstorm and Cantor, 2000 ; Salovey *et al.*, 2000]. Cette forme d'intelligence doit leur permettre de gérer la dimension *intrinsèquement* sociale et émotionnelle de l'interaction humain-machine en adoptant un comportement émotionnel et une attitude sociale adaptés au contexte de l'interaction.

Un certain nombre de recherches montrent en effet que les ACAs dotés de capacités socio-émotionnelles permettent d'améliorer significativement l'interaction [Beale and Creed, 2009]. Pour créer des agents avec lesquels l'utilisateur s'engage dans une interaction à plus ou moins long-terme, ces derniers doivent intégrer la subtilité expressive de l'humain. Par exemple, pour que leurs comportements émotionnels paraissent crédibles, les ACAs devraient être capables d'exprimer des émotions aussi bien lorsqu'ils écoutent que *en action*, *i.e.* lorsqu'ils parlent ou lorsqu'ils réalisent une action particulière [Clavel *et al.*, 2009]. Pour ce faire, dans la section « Expressions d'émotions d'un ACA » (Section 3), des modèles d'expressivité émotionnelle faciale (Section 3.1) et corporelle (Section 3.2) que nous avons construit à partir de corpus d'individus exprimant des émotions, sont présentés. De plus, les ACAs devraient pouvoir être capable d'exprimer leur attitude vis-à-vis de l'utilisateur que ce soit de l'appréciation ou de l'hostilité, non pas seulement à travers des mots mais aussi à travers leur comportement non-verbal. Pour répondre à cette problématique, dans la section « Expressions intra-personnelles des attitudes sociales d'un ACA » (Section 4.1), nous présentons un modèle computationnel, que nous avons construit à partir d'une approche centrée sur la perception de l'utilisateur, pour déterminer le comportement non-verbal d'un ACA suivant son attitude sociale. En dehors de l'aspect expressif, les ACAs devraient être capables de raisonner sur le contexte de l'interaction pour déterminer quel comportement socio-émotionnel adopter et montrer dans quelle situation. Pour calculer les émotions que l'ACA devrait exprimer, nous utilisons un modèle existant présenté dans la section « Modèle computationnel d'émotions » (Section 3.3). Concernant les attitudes sociales, un premier modèle conceptuel pour la représentation et le raisonnement est proposé dans la section « Modèle computationnel des attitudes

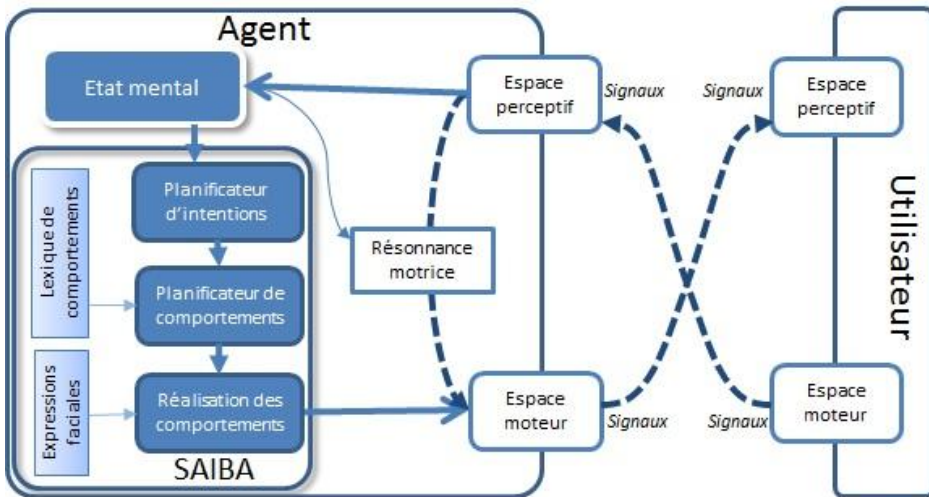
sociales » (Section 4.3). Impliqué dans une interaction, ce comportement de l'agent devrait considérer le comportement socio-émotionnel exprimé par l'utilisateur et la relation qui se construit entre l'ACA et l'utilisateur. Pour ce faire, le raisonnement de l'ACA intègre un réseau de neurones que nous avons développé, considérant les signaux non-verbaux exprimés par l'interlocuteur (Section 4.2 : « Expressions inter-personnelles des attitudes sociales »).

Dans cet article, nous proposons une architecture intégrant ces différentes capacités cognitives, expressives et interactives d'un ACA socio-affectif ainsi que les différents modèles computationnels sous-jacents permettant de doter un ACA de telles capacités. Plusieurs ACAs intégrant une dimension sociale ou émotionnelle ont d'ores et déjà été proposés (e.g. [Bickmore et Picard, 2005 ; DeRosis *et al.*, 2003, Dias et Paiva, 2005, Krämer, 2008]). L'enjeu des travaux de recherche présentés dans cet article est l'articulation de différents modèles au sein d'une même architecture pour doter l'ACA à la fois d'émotions (Section 3) et d'attitudes sociales (Section 4). Les pistes de recherche envisagées au sein de cette architecture sont ensuite présentées Section 5.

## 2. ARCHITECTURE D'UN ACA SOCIO-AFFECTIF

L'architecture d'un ACA, illustrée Figure 1, correspond à une extension de l'architecture SAIBA. L'architecture SAIBA [Kopp *et al.*, 2006] est une architecture de référence dans le domaine des ACAs. Cette architecture unifiée est indépendante du domaine d'application, du système d'animation et de l'environnement graphique. Elle permet la génération de comportements multimodaux d'ACA. Dans SAIBA, le *planificateur d'intentions* génère les intentions communicatives de l'ACA (par exemple, l'intention d'exprimer de la joie ou son accord). Le *planificateur de comportements* transforme ces intentions communicatives en un ensemble de signaux (e.g. voix, gestes, expressions faciales). Par exemple, ce module fournit en sortie les signaux que devraient exprimer l'ACA suivant ses émotions, son attitude et son intention (Section 3.2 et 4.1). La liste des signaux pouvant être utilisés pour exprimer chaque intention communicative est définie dans le *lexique de comportements*. Les caractéristiques morphologiques et dynamiques d'un signal pour animer le visage (par exemple un sourire) sont décrites dans le module d'*expressions faciales*. Les expressions multimodales (expressions et synchronisation des signaux sur différentes modalités) sont gérées par le *planificateur de comportements*. Enfin, le module *réalisation de comportements* fournit en sortie les paramètres d'animation pour chacun des signaux. Par exemple, ce module produit en sortie les paramètres d'animation des sourcils et des mouvements de tête suivant l'émotion de l'ACA (Section 3.1).

L'architecture SAIBA est étendue avec différents modules pour ajouter certains raisonnements cognitifs de l'agent et la prise en compte de la dimension interactive. Le module *Etat mental* contient une représentation des paramètres socio-affectifs de l'agent tels que ses émotions, ses relations sociales, ses buts et ses croyances. Il contient de plus des modèles de raisonnement permettant de calculer la dynamique de ses paramètres au cours de l'interaction. Les émotions et les relations sociales sont calculées par des modèles intégrées dans l'*Etat mental* (Section 3.3 et 4.3).



**Figure 1 : Architecture d'un ACA socio-affectif**

Les modules *Espace perceptif*, *Résonnance motrice* et *Espace moteur* ont été ajoutés pour permettre de simuler l'influence directe (*i.e.* par résonnance motrice, influence illustrée par les flèches en pointillées Figure 1) du comportement socio-affectif de l'utilisateur sur le comportement de l'agent. Ces modules permettent en particulier à l'ACA d'*aligner* son comportement sur celui de son interlocuteur, par exemple par mimétisme, pour traduire une attitude sociale spécifique. Ces modules sont présentés plus en détails dans la section 4.2.

A ce jour, cette architecture a été partiellement implémentée et évaluée. Certains modules sont en cours d'intégration. Dans la suite de l'article, nous décrivons plus précisément les différents modèles sous-jacents à cette architecture.

### 3. L'EXPRESSION D'ÉMOTIONS D'UN ACA

L'interaction humain-humain est, d'une manière générale, réalisée à travers différentes modalités telles que la parole, les gestes, les sourcils, la tête, le regard, etc. Les variations dans ces modalités permettent d'augmenter la compréhension de la parole. De plus, ces comportements non-verbaux traduisent des sentiments subtils tels que les émotions. Pour donner la capacité à un ACA d'exprimer des émotions, il est donc essentiel que ces derniers soient capables de générer des comportements non-verbaux naturels et crédibles lors d'une conversation avec un humain.

#### 3.1. Expressions faciales affectives

Dans les relations interpersonnelles, les émotions sont principalement communiquées par l'expression faciale [Ekman and Friesen 1975]. Une expression faciale est un changement dans le visage, perceptible visuellement suite à l'activation (volontaire ou involontaire) des muscles composant le visage. Aujourd'hui, de nombreux ACA sont capables d'exprimer des émotions à travers leurs expressions faciales (par exemple, [De Rosis *et al.*, 2013]). Cependant, très peu d'entre eux sont capables d'exprimer une

émotion lorsqu'*ils parlent*. Pour ce faire, les ACAs doivent pouvoir synchroniser la parole et l'expression faciale affective.

Pour calculer automatiquement le comportement non-verbal d'un ACA synchronisé avec la parole, différentes méthodes ont été proposées. Une méthode consiste à utiliser la capture de mouvement. Cependant, cette méthode ne peut être utilisée que pour un ensemble fini de phrases (celles dont les mouvements sont capturés). Une autre méthode repose sur des règles prédéfinies. Par exemple, dans [Cassell *et al.*, 1994], les comportements sont générés selon les relations identifiées entre la prosodie de la parole et les comportements non-verbaux. Cependant, ces règles ne considèrent pas l'influence des émotions sur ces relations. Depuis une dizaine d'années, des modèles statistiques d'apprentissage ont été proposés pour synthétiser automatiquement divers comportements à partir de la parole synchronisée. Par exemple, dans [Busso *et al.*, 2007], les auteurs ont proposé d'apprendre séparément quatre modèles utilisés pour synthétiser les expressions de tristesse, de satisfaction ou de colère de manière synchronisée avec la parole. Le nombre d'émotions reste cependant très limité. De plus, les modèles proposés ne permettent généralement pas de considérer l'expression de plusieurs émotions simultanément [Ekman and Friesen, 1975].

Afin de donner la capacité à un ACA d'exprimer plusieurs émotions, nous avons développé un modèle statistique par apprentissage pour synthétiser automatiquement les mouvements des sourcils et de la tête à partir du signal de la parole. Ce modèle repose sur un modèle de Markov caché entièrement paramétré (*fully parameterized* HMM - FPHMM). Le modèle est décrit plus en détails dans [Ding *et al.*, 2013]. Ce modèle a été construit par apprentissage à partir des données d'un corpus audiovisuel contenant des vidéos d'acteurs équipés de microphones et de capteurs de mouvements du visage [Fanelli *et al.*, 2010]. Les acteurs avaient comme instructions de prononcer différentes phrases avec diverses émotions. Trois angles de rotation de tête et huit points d'animation faciale (Facial animation Points – FAPs, [Pandzic and Forcheimer, 2002]) ont été extraits comme caractéristiques du mouvement avec une fréquence de 25Hz. Les caractéristiques de la parole, extraites avec les mêmes fréquences d'échantillonnage de 25Hz sont la fréquence fondamentale et l'énergie du signal de parole. Pour la synthèse des expressions faciales affectives d'un ACA, la séquence de signaux de parole est utilisée en entrée du modèle FPHMM qui produit en sortie les mouvements de sourcils et de tête associés.

Pour évaluer ce modèle, des tests perceptifs ont été réalisés. Nous avons comparé la perception des expressions d'émotions d'un ACA résultant du modèle FPHMM produit et celles résultantes directement de la capture de mouvement. Douze émotions ont été considérées (colère, tristesse, peur, mépris, nervosité, dégoût, frustration, stress, excitation, confiance, surprise et joie)<sup>1</sup> et exprimées durant la prononciation de différentes phrases. Quarante utilisateurs ont indiqué leur perception des émotions ainsi exprimées. Les analyses statistiques montrent que le modèle proposé permet d'améliorer significativement la perception des émotions de peur, mépris, nervosité, stress, excitation surprise et joie en comparaison avec les expressions d'ACA générées à partir

---

<sup>1</sup> Ces émotions correspondent à celles considérées dans le corpus [Pandzic and Forcheimer 2002].

des données de capture de mouvements directement. Les résultats de l'évaluation sont détaillés dans [Ding *et al.*, 2013].

Ce modèle s'intègre dans le module de *réalisation de comportements* de l'architecture d'un ACA (Figure 1). Il permet de calculer les paramètres d'animation pour les sourcils et les mouvements de tête à partir du signal de parole de l'ACA issu de la sortie de la synthèse vocale.

### 3.2 Expressions corporelles affectives

Les émotions sont exprimées non seulement à travers l'expression faciale mais aussi à travers l'ensemble du corps. Dans un ACA, l'expression des émotions à travers ces différentes modalités permet d'améliorer la perception des émotions par l'utilisateur ainsi que la crédibilité de l'agent [Clavel *et al.*, 2009].

La synthèse des comportements émotionnels chez un ACA implique deux principales problématiques : la définition d'un système de codage des mouvements corporels expressifs (*i.e.* comment caractériser les mouvements corporels émotionnels) et la correspondance entre ce système de codage et les états affectifs (*i.e.* comment l'expression de l'émotion est décrite à travers ces caractéristiques de mouvements). Certains travaux utilisent un système de codage corporel basé sur le type de mouvement [Coulson, 2004]. Les modèles de comportement émotionnel sont donc définis à travers un ensemble discret de postures et/ou d'actions, comme le croisement des bras ou la flexion de la tête pour décrire l'expression de l'émotion. Dael *et al.* [Dael *et al.*, 2012] ont récemment proposé un nouveau système de codage des mouvements corporels basé sur le type de mouvement. Ce système décrit le mouvement du corps en termes d'unités d'action et de posture en tenant compte des différents niveaux des dimensions anatomique et directionnel. Les modèles de comportements émotionnels corporels basés sur le type de mouvement sont donc basés sur les travaux précédents portant sur l'expression d'émotion à travers les mouvements du corps [Wallbott, 1998]. Une autre méthode consiste à décrire l'expression d'émotion par la manière avec laquelle le mouvement est effectué. Ces méthodes se basent généralement sur une base de données de capture de mouvements émotionnels naturels ou actés dans le but d'en extraire des informations utiles pour la reproduction du comportement expressif et émotionnel chez un ACA. Dans cette approche, les mouvements corporels sont décrits par des paramètres définissant la qualité du mouvement, *i.e.* la manière avec laquelle le mouvement a été effectué. Dans les travaux existants, les paramètres qui contrôlent l'expressivité du mouvement se limitent généralement à un ensemble de paramètres d'expressivité calculés à partir de données de capture de mouvement pour un type de geste particulier [Roether *et al.*, 2009]. Cependant, ces paramètres sont souvent associés à un nombre limité de types de geste et ne peuvent pas être étendus à l'ensemble des gestes possibles d'un ACA. D'autres travaux proposent de contrôler l'expressivité des mouvements de l'ACA (par exemple leur amplitude) à travers des fonctions mathématiques reposant sur quelques lois invariantes du mouvement humain [Huang and Pelachaud 2012]. Ce type d'approche permet d'appliquer les mêmes paramètres pour plusieurs types de gestes. Cependant, l'ensemble des paramètres reste limité agissant principalement sur les gestes des mains.

Nous proposons un modèle de comportement émotionnel reposant sur l'analyse d'un corpus de capture de mouvements. Inspiré du système de codage défini dans [Dael *et al.*, 2012], la définition des paramètres que nous avons adoptée pour contrôler le comportement émotionnel corporel d'un ACA repose sur plusieurs niveaux de description, à la fois pour décrire un mouvement corporel et pour décrire les caractéristiques de ce mouvement. Trois principales dimensions sont considérées : une dimension *anatomique* définissant les articulations en questions (*e.g.* la tête, les bras), une dimension *directionnelle* définissant la direction du mouvement (*e.g.* latérale, verticale) et une dimension *statique/dynamique* décrivant l'aspect postural ou dynamique du geste (*e.g.* la posture statique, le changement de posture au cours du temps). Une première étude que nous avons réalisée [Fourati and Pelachaud, 2012], utilisant une partie de l'ensemble des paramètres pour analyser des marches expressives, a montré qu'on peut discriminer différents styles de marche à travers quelques caractéristiques décrivant la posture et le changement de posture au cours du temps. La marche de tristesse est par exemple caractérisée principalement par le fléchissement des coudes, l'absence d'une variation significative de la distance entre les mains, le fléchissement de la tête et l'effondrement du torse.

Nous poursuivons actuellement nos travaux à partir d'une base de données de captures de mouvements de comportements émotionnels actés que nous avons collectés. Onze acteurs ont exprimé 3 fois 8 états affectifs différents (tristesse, colère, joie, honte, fierté, anxiété, peur panique, et neutralité) en réalisant 7 actions différentes. L'objectif est d'étendre l'étude décrite ci-dessus sur la marche à d'autres mouvements tels que frapper à la porte ou déplacer des objets sur une table. Afin de vérifier que les comportements actés traduisent en effet les émotions visées et ainsi valider la base de données construite d'un point de vue perceptif, nous avons réalisé une étude perceptive, en utilisant la plateforme de crowdsourcing mechanical turk, dans laquelle les participants indiquent leur perception de l'émotion exprimée par l'acteur. Les vidéos utilisées pour cette étude perceptive représentent le mouvement corporel effectué par un acteur et reproduit sur un acteur virtuel. Les résultats de plus de 1000 participants sont actuellement en cours d'analyse.

Les comportements émotionnels corporels modélisés à partir de la base de données seront intégrés dans le module *Planificateur de comportements* de l'architecture de l'ACA illustrée Figure 1. Ainsi, les paramètres des mouvements de l'ACA pour réaliser une action pourront être calculés suivant l'émotion de ce dernier.

### 3.3 Modèle computationnel d'émotions

Outre la dimension expressive, un ACA doit être capable de déterminer quelles émotions exprimer durant une interaction avec l'utilisateur. Les recherches ont en effet montré qu'une même émotion exprimée par un ACA dans une situation inappropriée pouvait avoir un effet néfaste sur l'interaction [Beale and Creed, 2009]. Fondés pour la plupart sur les théories de l'évaluation cognitive des émotions [Scherer, 2005], un certain nombre de modèles computationnels a d'ores et déjà été proposé pour calculer et mettre à jour automatiquement les émotions de l'ACA suivant le déroulement de l'interaction. Dans l'architecture de l'ACA socio-affectif présentée Figure 1, le modèle computationnel FATiMA [Dias and Paiva, 2005] a été intégré dans le module *Etat mental*. Le modèle FATiMA calcule les émotions de l'ACA suivant ses croyances sur

l'état de ses buts et ses besoins. Ce modèle présente de plus l'avantage d'offrir une architecture modulaire permettant de simuler des phénomènes tels que la culture ou l'empathie dans le processus de déclenchement des émotions de l'agent.

En dehors de la dimension émotionnelle, un ACA étant engagé dans une interaction sociale avec l'utilisateur, doit être capable d'exprimer différentes attitudes vis-à-vis de ce dernier. Dans la section suivante, nous présentons des modèles permettant de doter l'ACA de telles capacités.

#### 4. LES ATTITUDES SOCIALES D'UN ACA

Durant une interaction, suivant la relation entre deux personnes et le contexte (*e.g.* leurs rôles et leurs intentions), celles-ci ne vont pas exprimer la même attitude sociale. Scherer [Scherer, 2005] définit l'attitude sociale comme « *an affective style that spontaneously develops or is strategically employed in the interaction with a person or a group of persons* ». Les attitudes sociales sont souvent représentées sur deux dimensions, la *dominance* et l'*appréciation*. Cette représentation, proposée par Argyle [Argyle, 1988], est généralement illustrée sous forme d'un disque appelé le circomplexe interpersonnel (*Interpersonal Circumplex*) où une attitude sociale correspond à un point dans cet espace à deux dimensions.

Lors d'une interaction, de nombreux éléments du comportement non-verbal reflètent l'attitude sociale d'un individu [Burgoon *et al.*, 1984]. Lorsqu'un message verbal est transmis, les caractéristiques des signaux non-verbaux qui l'accompagnent peuvent traduire l'attitude sociale du locuteur. Par exemple, une attitude dominante se traduit par des gestes amples [Carney *et al.*, 2005]. De plus, la dynamique *intra-personnelle*, *i.e.* la temporalité des signaux exprimés par un même individu sur un tour de parole ou sur l'ensemble de l'interaction, caractérise une certaine attitude. Par exemple, de fréquents sourires peuvent correspondre à une attitude d'appréciation. Enfin, dans une interaction, l'attitude est exprimée à travers la dynamique *inter-personnelle*, *i.e.* la temporalité des signaux d'un individu *par rapport* à celui de son interlocuteur. Par exemple, un sourire exprimé en réponse à un sourire de l'interlocuteur peut exprimer de l'affiliation [Louwerse *et al.*, 2012].

Dans cette section, nous présentons tout d'abord des modèles permettant de déterminer comment un ACA peut exprimer une attitude sociale à travers le comportement non-verbal qui accompagne un message verbal et à travers la dynamique intra- et inter-personnelle de son comportement non-verbal. Nous présentons ensuite un modèle permettant de déterminer quelle attitude sociale l'ACA devrait exprimer durant une interaction.

##### 4.1. Expressions intra-personnelles des attitudes sociales d'un ACA

Différents travaux de recherche ont été menés afin de doter les ACAs de la capacité d'exprimer des attitudes sociales à travers leurs comportements non-verbaux. Par exemple, l'ACA *Laura* [Bickmore et Picard, 2005] montre son appréciation vis-à-vis de l'utilisateur par une modification de certains paramètres comme l'augmentation du nombre de hochements de tête et de gestes. Dans le projet *Demeanour* [Gillies *et al.*, 2004], les agents sont capables de changer certains paramètres de leur comportement non-verbal (la posture, les regards, et l'activation des gestes) suivant leurs attitudes représentées à l'aide de circomplexe interpersonnel.

Afin de créer un ACA capable de montrer différentes attitudes sociales à travers différentes modalités, nous avons utilisé une méthode fondée sur la perception de l'utilisateur. Nous avons collecté un corpus d'ACAs (féminin et masculin) exprimant différentes attitudes sociales (dominant, soumis, amical et hostile) en demandant à l'utilisateur de directement créer le comportement non-verbal associé. Nous avons, pour ce faire, développé et mis en ligne une application qui permet à un utilisateur d'aisément configurer les paramètres d'animation du comportement non-verbal d'un ACA pour une attitude et une intention communicative données (Figure 2).

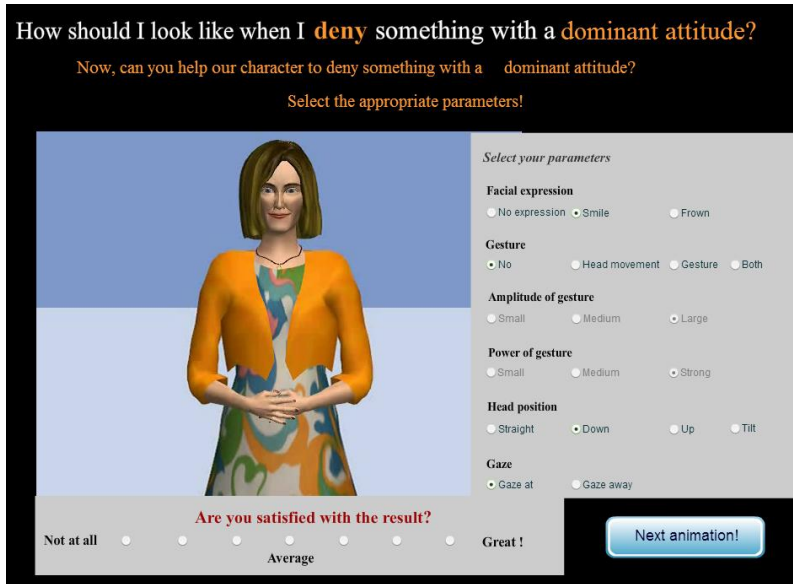
Nous avons ainsi collecté 925 descriptions de comportements non-verbaux (170 participants). Chaque comportement du corpus est décrit par une attitude (dominant, soumis, amical et hostile), une intention communicative (informer, demander, accepter, refuser, approuver, désapprouver, que nous utilisons pour illustrer la situation), et un ensemble de valeurs pour les paramètres suivant du comportement non-verbal : la présence d'évitement de regard, la modalité utilisée (mouvement de tête, des bras, les deux ou aucun mouvement), l'expression faciale (positive, négative ou neutre), l'amplitude et la force des gestes (faible, moyenne ou forte) et l'orientation de la tête (droite, vers le bas, vers le haut ou sur le côté). Ces paramètres ont été choisis au regard de la littérature en Sciences Humaines et Sociales montrant une influence des attitudes sur ces modalités. Chaque participant avait comme tâche de configurer le comportement de l'ACA dans 6 situations différentes (une situation correspondant à une intention communicative et une attitude sociale).

A partir des données collectées, pour pouvoir calculer automatiquement les paramètres du comportement d'un ACA suivant l'attitude sociale qu'il souhaite exprimer, nous avons développé un modèle fondé sur un réseau Bayésien. Dans ce modèle, la structure des arcs entre les variables d'entrée (l'attitude et l'intention) et les variables de sorties (les paramètres du comportement non-verbal), est construite suivant les corrélations entre celles-ci, calculées statistiquement à partir des données du corpus (les résultats statistiques sont décrits plus précisément dans [Ravenet *et al.*, 2013]). Les données du corpus sont de plus utilisées pour calculer les paramètres du modèle, *i.e.* les probabilités conditionnelles des valeurs des variables.

Ce modèle permet à un ACA qui doit exprimer une intention communicative avec une certaine attitude sociale, de choisir le comportement non-verbal correspondant [Ravenet *et al.*, 2013]. Il s'intègre dans l'architecture de l'ACA (Figure 1) dans le module *Planificateur de comportements* pour la sélection du choix des signaux.

Ce modèle a été récemment été couplé avec un moteur de dialogue intégré dans le module *planificateur d'intentions* (Figure 1). Ce moteur choisit les phrases que doit dire l'agent suivant l'attitude sociale que l'agent souhaite exprimer [Callejas *et al.*, 20014]. Ce couplage a été illustré sur une application de formation aux entretiens d'embauche dans laquelle l'agent joue le rôle d'un recruteur virtuel. Le comportement verbal (phrases) et non-verbal (regard, mouvements de tête, gestes et expressions faciales) varient suivant l'attitude sociale du recruteur virtuel qui peut être définie soit comme amicale soit comme hostile. Une évaluation perceptive auprès d'utilisateurs nous a permis de valider que les attitudes étaient correctement perçues à travers le

comportement multimodal généré par les modèles (pour plus de détails sur l'évaluation, voir [Callejas *et al.*, 2014]).



**Figure 2 : Copie d'écran de l'interface de collecte de comportements non-verbaux d'ACA**

L'attitude sociale se traduit non seulement à travers l'expression d'une intention communicative à un instant  $t$  mais aussi à travers la dynamique des signaux dans un tour de dialogue ou tout au long de l'interaction, *i.e.* la *dynamique intra-personnelle du comportement non-verbal*. Par exemple, de fréquents sourires suivis par une absence totale de sourire peuvent traduire une attitude d'hostilité.

Afin de modéliser la dynamique *intra-personnelle* des comportements non-verbaux qu'un ACA devrait adopter pour exprimer une attitude sociale particulière, nous proposons d'analyser des corpus d'interactions interpersonnelles. Cette méthode d'analyse de corpus a d'ores et déjà été explorée mais principalement avec le but de développer des méthodes de détection automatique des attitudes sociales des individus. Une revue de ces méthodes existantes de détection automatique d'informations sociales dans des interactions est disponible dans [Gatica-Perez, 2009]. La plupart des approches existantes se sont concentrées sur l'utilisation de mesures audio-visuelles sur l'ensemble d'une interaction pour classifier la dominance des personnes dans un groupe. Si ces approches se révèlent efficaces dans leur tâche de classification de la dominance d'une personne dans la globalité d'une interaction, elles ne permettent pas de détecter les variations locales d'attitude par rapport à la dynamique des comportements non-verbaux. De plus, il n'y a pas eu, à notre connaissance, de tentative d'intégration de ces résultats dans un modèle de comportement d'ACA.

Afin d'identifier la dynamique des comportements non-verbaux qu'un ACA devrait adopter pour exprimer une attitude durant une interaction, nous avons analysé un corpus multimodal humain-humain composé de 3 vidéos d'entretiens d'embauches, durant en moyenne 20 minutes. Ces vidéos ont été annotées à deux niveaux : (1) au niveau du comportement non-verbal des interactants en s'appuyant sur le schéma de codage MUMIN [Allwood *et al.*, 2007] et (2) au niveau de l'attitude sociale du recruteur. L'attitude sociale a été annotée par 12 personnes en utilisant l'outil *GTrace* [Cowie *et al.*, 2011] sur les deux dimensions de l'attitude sociale décrites dans la section précédente : la *dominance* et l'*appréciation*. Pour identifier des séquences de comportements non-verbaux menant à des variations locales d'attitudes, nous avons utilisé une méthode de *fouille de données séquentielles*. Une première étape de préparation des données consiste à détecter les instants où les annotateurs ont perçu une variation d'attitude. Ces variations sont regroupées en plusieurs classes en fonction de leur amplitude par le biais d'une méthode de partitionnement (*K-means clustering*). Nous obtenons ainsi des ensembles de séquences de comportements non-verbaux caractérisant variation d'attitude (augmentation ou diminution, forte ou faible d'appréciation ou de dominance). Nous appliquons à ces ensembles l'algorithme *GSP* (*Generalized Sequential Patterns*) [Srikant et Agrawal, 1996] et obtenons ainsi les séquences de comportements non-verbaux les plus fréquentes avant chaque classe de variation d'attitude. Chaque séquence est caractérisée par son *support* (*i.e.* la fréquence à laquelle cette séquence est présente pour une variation d'attitude) et sa *confiance* (*i.e.* le ratio d'occurrences de cette séquence pour cette variation d'attitude par rapport aux occurrences dans l'ensemble du corpus). Les résultats sont présentés avec plus de détails dans [Chollet *et al.*, 2014]. Nous travaillons actuellement sur un modèle graphique, construit à partir de ces séquences, permettant de calculer automatiquement le comportement non-verbal d'un ACA suivant la variation d'attitude sociale visée. Ce modèle sera intégré dans le module de *Réalisation de comportements* (Figure 1) pour modifier le comportement de l'agent suivant les attitudes sociales de l'ACA.

Dans la section suivante, nous présentons un modèle permettant de modéliser la dynamique *inter-personnelle* du comportement non-verbal d'un ACA pour exprimer différentes attitudes sociales durant une interaction.

#### 4.2. L'expressions inter-personnelles des attitudes sociales de l'ACA

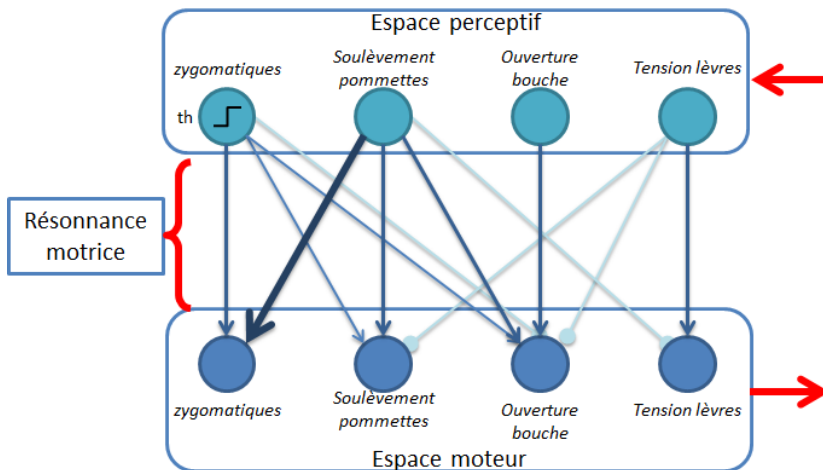
Durant une interaction, comme le soulignent Chindamo *et al.* [Chindamo *et al.*, 2012] "*stances are constructed across turns rather than being the product of a single turn*". En effet, lorsque les attitudes de chaque partenaire de l'interaction sont mises en présence, une attitude de la dyade émerge de l'alignement diachronique entre les interactants. Par exemple, l'alignement du comportement non-verbal d'un locuteur et de son interlocuteur (*e.g.* l'expression de sourires synchronisés) peut traduire une attitude d'intérêt et de plaisir mutuel [Louwerse *et al.*, 2012].

Plusieurs agents virtuels capables d'aligner leur comportement non-verbal sur celui de l'utilisateur ont été développés. Par exemple, dans [Bevacqua *et al.*, 2010], un modèle est proposé pour permettre à un ACA qui écoute l'utilisateur d'automatiquement exprimer des *backchannels*, *i.e.* des signaux non-verbaux, comme des hochements de tête ou des sourires, alignés sur ceux de l'utilisateur. Ces travaux montrent que ces

signaux de *backchannels* facilitent en effet l'allocation de l'utilisateur et améliorent sa perception de l'agent. Ces types de modèle proposent une adaptation du comportement non-verbal de l'agent *en réaction* à celui de l'utilisateur, et non *en interaction* avec ce dernier. Le comportement de l'agent s'aligne en effet sur celui de l'utilisateur par une expression de signaux de mêmes types que ceux détectés de l'utilisateur. Afin de permettre à un ACA d'aligner dynamiquement son comportement non-verbal *en interaction* avec celui de l'utilisateur, nous avons développé un modèle permettant de modifier en temps réel les caractéristiques morphologiques et dynamiques des signaux non-verbaux de l'agent suivant les réactions de son interlocuteur. Nous illustrons ce modèle sur le signal du *sourire*. Lors d'une interaction, si l'ACA sourit à l'utilisateur, et que ce dernier lui sourit en réponse, l'ACA devrait *renforcer* son sourire pour lui montrer un intérêt et un plaisir partagés [Louwerse *et al.*, 2012]. En d'autres termes, l'ACA devrait être capable de moduler dynamiquement son sourire suivant sa perception directe du sourire de son interlocuteur. Pour modéliser le sourire d'un ACA, nous avons fondé nos travaux sur les caractéristiques morphologiques et dynamiques des sourires d'un ACA identifiées dans des travaux précédents [Ochs *et al.*, 2012]. Un sourire est ainsi défini par sa taille (*i.e.* l'amplitude des muscles zygomatiques), le soulèvement des pommettes, l'ouverture de la bouche et la tension des lèvres. Ainsi, un ACA peut renforcer son sourire en amplifiant la durée et l'amplitude de ces caractéristiques.

Pour permettre à un ACA de modifier dynamiquement et en temps réel son sourire durant une interaction, nous avons développé un modèle computationnel fondé sur un réseau de neurones. Le réseau de neurones permet de définir une architecture neurone par neurone contrôlée dynamiquement. Comme illustré Figure 3, les neurones représentent les caractéristiques du sourire. La couche perceptive (*i.e.* *Espace perceptif*) correspond aux caractéristiques perçues alors que la couche générative (*i.e.* *Espace moteur*) correspond aux caractéristiques exprimées par l'agent. Les liens entre ces deux couches représentent l'influence des caractéristiques perçues sur celles exprimées (ce modèle est décrit plus en détails dans [Prepin *et al.*, 2013]).

L'alignement dynamique des sourires de l'ACA, *i.e.* les liens entre la couche perceptive et générative (le module de *Résonnance motrice*), vont dépendre de l'*attitude sociale* que veut exprimer l'agent. Cette influence est représentée dans l'architecture de l'ACA (Figure 1) par le lien entre le module *Etat mental*, et le module *Résonnance motrice*.



**Figure 3 : Modèle de résonance motrice**  
 $th$  représentant le seuil d'activation du neurone (threshold)

Ainsi, si l'agent décide de se montrer amical, l'influence sera positive : les sourires de l'ACA seront renforcés par la perception des sourires de l'utilisateur. En d'autres termes, lorsque l'ACA perçoit un sourire de l'utilisateur, suivant les caractéristiques du sourire perçu, l'amplitude et la durée des caractéristiques de son sourire seront augmentées. Dans le cas contraire, les sourires de l'ACA ne seront pas influencés par ceux de l'utilisateur.

Cette modélisation du lien entre les attitudes sociales de l'ACA et l'alignement de son comportement non-verbal est fondée sur les résultats d'une récente étude perceptive que nous avons réalisée [Ochs *et al.*, 2013]. Dans cette étude, nous avons simulé une interaction entre deux ACAs (dotés du modèle de résonance motrice décrit ci-dessus) et comparé la perception que les utilisateurs ont de l'un des deux ACAs lorsque celui renforce ou non son sourire en réponse à celui de son interlocuteur ACA. Les résultats confirment que l'alignement de ce comportement non-verbal a un effet significatif sur la perception de son attitude, le renforcement du sourire améliorant la perception de l'attitude. Nous travaillons actuellement sur l'intégration du système permettant la détection automatique temps réel des caractéristiques des signaux exprimées par l'utilisateur (*e.g.* les caractéristiques du sourire). La prochaine étape vise à valider, à travers des tests perceptifs, la capacité d'un ACA à exprimer différentes attitudes par l'alignement de son comportement non-verbal (incluant le sourire mais aussi d'autres signaux tels que les hochements de tête), lorsque celui-ci est impliqué dans une interaction directe avec l'utilisateur.

#### 4.3. Modèle computationnel des attitudes sociales

Afin de déterminer l'attitude sociale que devrait exprimer un ACA durant une interaction avec un utilisateur, un modèle computationnel de la dynamique de ces attitudes doit être défini. Comme l'indique Scherer [Scherer 2005], les attitudes sociales sont influencées par différents paramètres qui peuvent être de nature contextuelle, stratégique ou interpersonnelle. Pour qu'un ACA exprime des attitudes sociales

appropriées à la situation d'interaction, les mécanismes inhérents aux relations sociales et leur évolution au cours des interactions doivent être modélisés.

Dans le domaine des ACAs, la plupart des modèles computationnels se focalisent sur les relations sociales. Même si ces dernières sont essentielles pour déterminer l'attitude sociale d'un ACA, d'autres éléments du contexte de l'interaction peuvent amener l'ACA à exprimer des attitudes différentes de ces relations « ressenties ». De plus, les modèles existants des relations sociales utilisent principalement les émotions pour calculer la dynamique des relations sociales, par exemple [Prendinger and Descamps and Ishizuka 2002]. Comme proposé dans [Dias and Paiva 2013], la dynamique peut être aussi modélisée à partir de théories de psychologie cognitive telle que la théorie de la congruité [Osgood and Tannenbaum 1955] mettant en évidence comment les relations sociales entre les individus s'articulent.

Dans notre modèle, pour calculer l'attitude sociale d'un ACA, nous avons proposé une représentation des différentes relations sociales de l'agent et de l'utilisateur. Comme les attitudes sociales, les relations sociales peuvent être définies selon les deux axes de dominance et d'appréciation, via le circomplexe interpersonnel (décrit précédemment). Dans notre modèle, nous utilisons deux représentations du circomplexe, définissant deux types de relations bien distinctes : pour les relations de l'agent envers l'utilisateur, nous représentons la relation par un vecteur démarant à l'origine du circomplexe [Gurtman 2009]. Les relations de l'utilisateur envers l'agent - qui correspondent aux croyances de l'agent - sont modélisées par un sous-ensemble du circomplexe prenant ainsi en compte la part d'incertitude relative à ces croyances.

A partir de la définition de Scherer présentée ci-dessus, nous proposons un modèle computationnel dans lequel nous représentons les **relations de l'agent envers l'utilisateur** par trois vecteurs différents sur ce même circomplexe interpersonnel : (1) la *relation sociale ressentie* ; (2) la *relation sociale idéale* et (3) l'*attitude sociale*.

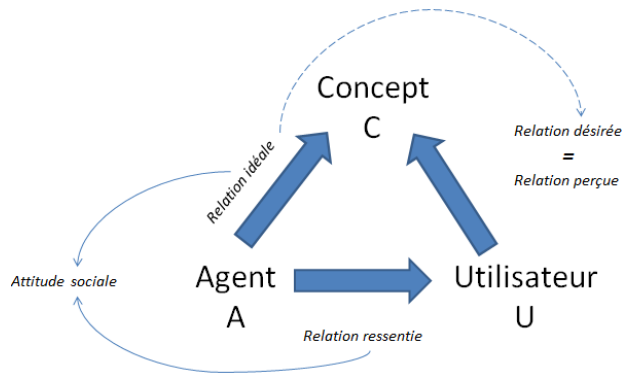
La *relation ressentie* représente le sentiment de l'ACA envers l'utilisateur (e.g. l'agent n'aime pas l'utilisateur). Afin de calculer cette relation sociale ressentie, nous avons défini un modèle formel de la dominance, de l'appréciation et de la familiarité. Ces trois éléments sont formellement représentés par des combinaisons d'attitudes mentales particulières de croyances et de buts de l'agent. Par exemple, la dominance de l'agent dépend de ses croyances sur sa capacité à réaliser ou menacer des buts ou des préconditions des buts de l'utilisateur. Ainsi, suivant l'état mental défini de l'agent, sa relation sociale ressentie peut être calculée. Le modèle est décrit plus en détails dans [Pecune *et al.*, 2013]. La *relation idéale* indique la relation que l'agent souhaiterait idéalement exprimer dans une situation particulière (e.g. un enseignant peut vouloir montrer de la dominance envers ses élèves). La taille et la direction de ce vecteur dépendent principalement du rôle de l'agent et de la manière dont l'agent souhaite exprimer ce rôle. Enfin, l'*attitude sociale* correspond à la relation exprimée par l'agent. Cette attitude est calculée en fonction de la *relation ressentie* et de la *relation idéale*. De plus, l'humeur de l'agent influence la valeur d'appréciation (e.g. un agent de mauvaise humeur aura tendance à se montrer plus hostile) [Isen *et al.*, 1992]. La valeur de dominance est aussi influencée par l'état des ressources de l'agent et de l'utilisateur [Raven, 2008].

La dynamique de l'attitude sociale de l'agent, *i.e.* la relation sociale que l'agent va exprimer durant l'interaction, dépend fortement des croyances de l'ACA sur les relations sociales de l'utilisateur envers l'agent. Le comportement de l'agent va en effet être différent suivant que l'utilisateur montre par exemple de l'appréciation ou de l'hostilité envers lui. Dans notre modèle, les **relations de l'utilisateur envers l'agent** sont représentées par les 2 relations suivantes : (1) la *relation désirée* est la relation que l'agent désire voir exprimée chez l'utilisateur [Schutz, 1958]. Cette relation est calculée à partir de la *relation idéale*, en accord avec la théorie de la complémentarité interpersonnelle [Sadler and Ethier and Woody 2011]. D'après cette théorie, la *relation désirée* est une symétrie de la *relation idéale* selon l'axe d'appréciation : si l'agent veut montrer de la dominance et de l'appréciation, il s'attend à ce que l'utilisateur exprime de la soumission et de l'appréciation ; (2) la *relation perçue* décrit la relation que l'agent pense que l'utilisateur ressent envers lui (*e.g.* l'agent pense que l'utilisateur l'apprécie).

Afin de modéliser la dynamique de ces relations et ainsi calculer l'attitude sociale que devrait exprimer l'ACA, notre modèle s'inspire de la *Théorie de la congruité* [Osgood and Tannenbaum 1955]. Nous nous basons donc sur un schéma triangulaire entre un agent A, un utilisateur U et une situation S. Les arêtes du triangle décrivent la relation de A envers l'utilisateur U (*relation ressentie*), la relation que A souhaite exprimer dans la situation S (*relation idéale*) et l'estimation de A sur la relation que U devrait exprimer dans la situation S (*relation désirée*). Par exemple, l'agent apprécie l'utilisateur, veut montrer de la dominance et s'attend donc à ce que l'utilisateur adopte une attitude soumise. L'interaction est dite *congruente* quand la *relation perçue* de U dans la situation S est en adéquation avec la *relation désirée* (Figure 3). Si l'on reprend l'exemple précédent, il y a congruence si l'utilisateur montre de la soumission. Dans ce cas, la *relation ressentie* de l'ACA va tendre vers la *relation idéale*. En revanche, l'interaction est dite *non-congruente* si l'agent perçoit de la dominance chez l'utilisateur. L'agent peut alors adopter trois différentes stratégies : (a) il peut changer sa *relation ressentie* envers l'utilisateur, (b) il peut changer sa propre *relation idéale* et (c) il peut essayer de changer la *relation exprimée* par l'utilisateur. Finalement, l'attitude sociale exprimée par l'ACA va dépendre des stratégies adoptées par l'agent.

Notre prochaine étape vise à modéliser la prise de décision quant à la stratégie à adopter par l'agent dans le cas d'une non-congruence. De plus, un modèle d'actions pour mettre en place la stratégie (c) décrite ci-dessus doit être mis en place pour déterminer comment l'ACA peut changer la relation exprimée par l'utilisateur (et donc la *relation perçue* par l'agent).

Ce modèle fait partie intégrante du module *Etat mental* de l'architecture de l'ACA (Figure 1). Il permet de fournir en sortie l'attitude sociale et les intentions communicatives que l'ACA devrait exprimer étant donnée la situation d'interaction.



**Figure 3 : Exemple d'interaction congruente**

## 5. PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Dans cet article, nous avons présenté une architecture incluant les différents modèles permettant de donner la capacité à un ACA d'exprimer des émotions et des attitudes sociales à travers son comportement. La prochaine étape de nos travaux se concentrera sur l'évaluation d'un tel ACA socio-affectif. Tout d'abord, chaque modèle devra être évalué séparément pour vérifier que le comportement exprimé par l'ACA traduit en effet les émotions et attitudes sociales visées. Comme présenté dans les sections précédentes, ce type d'évaluation peut être réalisé à travers des tests perceptifs auprès d'utilisateurs [Ding *et al.*, 2013, Fourati and Pelachaud, 2012, Ochs *et al.*, 2012]. Enfin, l'architecture dans son ensemble, *i.e.* avec l'ensemble des modules présentés, doit être évaluée *en interaction*, *i.e.* lorsque l'utilisateur est impliqué dans une interaction directe avec l'ACA [McRorie *et al.*, 2012]. Il s'agira alors de vérifier non seulement la perception par l'utilisateur des comportements socio-affectifs de l'ACA [Ochs *et al.*, 2012, 39] mais aussi l'effet de ces comportements sur l'engagement de l'utilisateur, sa satisfaction et ses performances dans la réalisation d'une tâche.

Les modèles présentés dans cet article ont été construits dans un contexte culturel précis (principalement européen). La perception du comportement non-verbal et les codes reliés étant dépendant du contexte culturel, d'autres évaluations auprès de population de cultures différentes devront être réalisées pour valider ces travaux dans d'autres contextes culturels. Les méthodes présentées pourront pour ce faire être réutilisées.

Les travaux présentés ci-dessus se concentrent principalement sur la modélisation du comportement socio-affectif *non-verbal* de l'ACA. Outre les perspectives présentées dans les sections précédentes concernant l'amélioration de chacun des modèles du comportement non-verbal, nous souhaitons intégrer dans l'ACA des modèles permettant d'étendre cette modélisation au comportement verbal à travers, d'une part, la modélisation des intentions communicatives de l'agent et d'autre part la réalisation de ces intentions, au niveau verbal. Le premier défi sera de modéliser l'influence du contexte socio-affectif sur le choix des intentions communicatives et nous travaillons actuellement sur une extension du module de dialogue DISCO [Rich and Sidner 2012] aujourd'hui intégré dans le module *planificateur d'intentions* de l'architecture présentée

Figure 1. Le deuxième défi sera de déterminer comment l'ACA va exprimer verbalement ses intentions communicatives à travers le contenu linguistique (lexique, syntaxe) et paralinguistique (*e.g.* disfluences, prosodie, pause, respiration) suivant ses émotions et ses attitudes sociales et comment ces phénomènes langagiers se synchronisent avec les comportements non-verbaux présentés dans cet article.

Enfin, nous souhaitons travailler sur la compréhension du contexte de l'interaction en entrée du module *Etat mental* et de son modèle computationnel des attitudes sociales présenté précédemment. L'enjeu sera ici de construire un modèle socio-affectif correspondant à l'utilisateur (à partir des informations obtenues en sortie des différents modules d'analyse des signaux vidéo et audio) qui soit pertinent pour la définition de la stratégie à adopter par l'agent.

## REMERCIEMENTS

Les travaux de recherche présentés dans cet article sont financés par les projets européens SSPNet, VERVE, REVERIE et TARDIS et par les projets ANR Anipev, MoCa, A1:1, et IMMOMO. Les auteurs de l'article tiennent à remercier *André-Marie Pez* et *Pierre Philippe* pour leur aide précieuse pour la partie développement de l'ACA.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLWOOD, J. AND KOPP, S. AND GRAMMER, S. AND AHLSEN, E. AND OBERZAUCHER, E. AND KOPPENSTEINER, M. 2007. The Analysis of Embodied Communicative Feedback in Multimodal Corpora: a Prerequisite for Behavior Simulation. *Language Resources and Evaluation* 41, 3-4 (Dec. 2007), 252-272.
- ARGYLE, M. 1988. *Bodily Communication*. University paperbacks. Methuen.
- BEALE, R. AND CREED, C. 2009. Affective interaction: How emotional agents affect users. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 67(9): 755-776.
- BEVACQUA, E. HYNIEWSKA, S. and PELACHAUD, C. 2010. Positive influence of smile backchannels in ECAs, in *Proc. of Workshop on Interacting with ECAs, AAMAS Conference*, p. 13-20.
- BICKMORE, T.W. AND PICARD, R.W. 2005. Establishing and maintaining long-term human-computer relationships. *ACM Trans. Comput.-Hum.Interact.* 12, 2, 2005, 293-327.
- BURGOON, J.K., BULLER, D.B., HALE, J.L., de TURCK, M.A. 1984. Relational Messages Associated with Nonverbal Behaviors. *Human Communication Research* 10(3), 352-378.
- BUSO, C. AND DENG, Z. AND GRIMM, M. AND NEUMANN, U. AND NARAYANAN, S. 2007. Rigid head motion in expression speech animation: Analysis and synthesis. *IEEE Trans. on Audio, Speech & Language Processing* 15(3), 1075-1086.

- CALLEJAS, Z. AND RAVENET, B. AND OCHS, M. AND PELACHAUD, C. 2014. A Computational model of Social Attitudes for a Virtual Recruiter. Proceedings of Autonomous Agent and Multiagent Systems (AAMAS). 93-100.
- CARNEY, D., HALL, J., LEBEAU, L. 2005. Beliefs about the nonverbal expression of social power. *Journal of Nonverbal Behavior* 29(2), 105-123.
- CASSELL, J. 2000. More than just another pretty face: Embodied conversational interface agents. *Communications of the ACM* 43, 70–78.
- CASSELL, J. AND PELACHAUD, C. AND BADLER, N. AND STEEDMAN, M. AND ACHORN, B. AND BECHET, T. AND DOUVILLE, B. AND PREVOST, S. AND STONE, M. 1994. Animated conversation: Ruled-based generation of facial expression gesture and spoken intonation for multiple conversational agents. In: *Computer Graphics*, 413–420.
- CHINDAMO, M. ALLWOOD, J. and AHLSEN, E. 2012. Some suggestions for the study of stance in communication, in *Proc. SocialCom Conference*, 617–622.
- CHOLLET, M. AND OCHS, M. AND PELACHAUD, C. 2014. Mining a multimodal corpus for non-verbal behavior sequences conveying attitudes. In *Proceedings of the 9<sup>th</sup>. Language Resources and Evaluation Conference*. 3417-3424
- CLAVEL, C., PLESSIER, J., MARTIN, J. C., ACH, L., and MOREL, B. 2009. Combining facial and postural expressions of emotions in a virtual character. In *Proc. IVA Conference*, 287–300.
- COULSON, M. 2004. Attributing emotion to static body postures: recognition accuracy, confusions, and viewpoint dependence. *Journal of Nonverbal Behavior* 28 (2), 117-139.
- COWIE, R. AND COX, C. AND MARTIN, J.-C. AND HEYLEN, D. AND KARPOUZIS, K.. 2011. Issues in Data Labelling. In Petta, P. and Pelachaud, P. and Cowie, R. (Eds.) *Emotion-Oriented Systems: The Humaine Handbook*, Springer-Verlag Berling Heidelberg, 215–244.
- DAEL, N., MORTILLARO, M., and SCHERER, K. R. 2012. The Body Action and Posture Coding System (BAP): Development and Reliability. *Journal of Nonverbal Behavior* 36, 97-121.
- DE ROSIS, F. AND PELACHAUD, C. AND POGGI, I. AND CAROFIGLIO, V. AND DE CAROLIS, B. 2003. From Greta's mind to her face: modeling the dynamics of affective states in a conversational embodied agent. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 59(1-2), 81-118.
- DIAS, J. AND PAIVA, A. 2013. I Want to Be Your Friend: Establishing Relations with Emotionally Intelligent Agents. *Proc. of AAMAS*, 777-784.
- DIAS, J. and PAIVA, A. 2005. Feeling and reasoning: A computational model for emotional characters. In *Proc. of EPIA*, 127-140.

- DING, Y. AND PELACHAUD, C. AND ARTIÈRE, T. 2013. Modeling Multimodal Behaviors From Speech Prosody. In *Proc. of IVA*. 217-228.
- EKMAN, P. AND FRIESEN, W. V. 1975. *Unmasking the Face. A guide to recognizing emotions from facial clues*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- FANELLI, G. AND GALL, J. AND ROMSDORFER, H. AND WEISE, T. AND VAN GOOL, L. 2010. A 3-D Audio-Visual Corpus of Affective Communication, *IEEE Transactions on Multimedia* 12(6). 519–598.
- FOURATI, N. and PELACHAUD, C. 2012. Toward new expressive movement characterizations, In *Proc. Motion in Games*
- GATICA-PEREZ, D. 2009. Automatic nonverbal analysis of social interaction in small groups: A review. *Image and Vision Computing* 27, 12, 1775-1787.
- GILLIES, M. AND CRABTREE, I. AND BALLIN, D. 2004. Customisation and context for expressive behaviour in the broadband world. 2004. *BT Technology Journal* 22, 2, 16-17.
- GURTMAN, M. B. 2009. Exploring personality with the interpersonal circumplex. *Social and Personality Psychology Compass* 3, 4, 601-619.
- HUANG, J. and PELACHAUD, C.. 2012. Expressive body animation pipeline for virtual agent In *Proc. IVA Conference*, 355–362.
- ISEN, A. M.; NIEDENTHAL, P. M. AND CANTOR, N. 1992. An influence of positive affect on social categorization. *Motivation and Emotion*, 16, 1, 65-78.
- KIHLSTORM, J. and CANTOR, N. 2000. Social intelligence. In *Handbook of Intelligence*, Cambridge University Press, 359-379.
- KOPP, S. KRENN, B. MARSELLA, S. MARSHALL, A. N. PELACHAUD, C. PIRKER, H. THRISSON, K.R. and VILHJLMSSON. H. 2006. Towards a common framework for multimodal generation: The behavior markup language, In *IVA Conference*, 21–23.
- KRAMER, N. C. 2008. Social effects of virtual assistants. A review of empirical results with regard to communication. In *Proc. IVA Conference*, 507–508
- LOUWERSE, M. DALE, R. BARD, E. and JEUNIAUX, P. 2012. Behavior matching in multimodal communication is synchronized, *Cognitive Science* 36 (8), 1404–1426.
- MCRORIE, M.; SNEDDON, I.; MCKEOWN, G.; BEVACQUA, E.; DESEVIN, E.; PELACHAUD, C. 2012. Evaluation of Four Designed Virtual Agent Personalities, *IEEE Transactions on Affective Computing* 3 (3), 311-322

- OCHS, M. NIEWIADOMSKI, R. BRUNET, P. and PELACHAUD C. 2012. Smiling Virtual Agent in Social Context, *Cognitive Processing, Special Issue on "Social Agents. From Theory to Applications"* 13 (22), 519-53.
- OCHS, M. PREPIN, P. and PELACHAUD, C. 2013. From emotions to interpersonal stances: Multi-levels analysis of smiling virtual characters, in *Proc. of ACII*, 258-263.
- OSGOOD, C. AND TANNENBAUM, P. 1955. The Principle of Congruity in the Prediction of Attitude Change. *Psychological Review* 62, 1, 42-55.
- PANDZIC, I. AND FORCHEIMER, R. 2002. MPEG4 Facial Animation - The standard, implementations and applications. John Wiley & Sons.
- PECUNE, F.; OCHS, M.; PELACHAUD, C. 2013. A formal model of social relations for artificial companions. To appear in *Proc. of European Workshop on Multi-Agent Systems (EUMAS)*.
- PRENDINGER, H.; DESCAMPS, S., AND ISHIZUKA, M. 2002. Scripting affective communication with life-like characters in web-based interaction systems. *Applied Artificial Intelligence* 16 (7-8), 519-553.
- PREPIN, K. OCHS, M. and PELACHAUD, C. 2013. Beyond backchannels: co-construction of dyadic stance by reciprocal reinforcement of smiles between virtual agents, *International Conference CogSci*.
- RAVEN, B.H. 2008. The Bases of Power and the Power/Interaction Model of Interpersonal Influence. *Analyses of Social Issues and Public Policy* 8, 1, 1-22
- RAVENET, B. AND OCHS, M. AND PELACHAUD, C. 2013. From a User-Created Corpus of Virtual Agent's Non-Verbal Behavior to a Computational Model of Interpersonal Attitudes, *Proc. of IVA*, 263-274.
- RICH, C. AND SIDNER, C. 2012. Using collaborative discourse theory to partially automate dialogue tree authoring. *Intelligent Virtual Agents*. Springer Berlin Heidelberg.
- ROATHER, C. L., OMLOR, L., CHRISTENSEN, A., and GIEASE, M. A. 2009. Critical features for the perception of emotion from gait. *Journal of Vision* 9 (6), 1-32.
- SADLER, P.; ETHIER, N. AND WOODY, E. 2011. Interpersonal Complementarity. Dans *Handbook of interpersonal psychology: Theory, research, assessment, and therapeutic interventions*, New York: Horowitz, L.M. ; Strack, S, 123-142.

SALOVEY P., BEDELL B., DETWEILER J., MAYER J. 2000. Current Directions in Emotional Intelligence Research, Lewis M., Haviland-Jones J., Eds., *Handbook of Emotions*, The Guilford Press, New York, 504-520

SCHERER, K. 2005. What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information* 4(4), 2005, 685-729.

SCHUTZ, W. C. 1958. FIRO: A three-dimensional theory of interpersonal behavior. 267 pages

SRIKANT, R., AGRAWAL, R. 1996. Mining sequential patterns: Generalizations and performance improvements. *Advances in Database Technology* 1057, p. 1-17

WALLBOTT, H. G. 1998. Bodily expression of emotion. *European Journal of Social Psychology*, 28(6), 879–896.



Magalie Ochs est chargée de recherche au CNRS-LTCI à Télécom ParisTech. Après l'obtention de son master en intelligence artificielle à l'Université de Montréal, Magalie Ochs a réalisé son doctorat en informatique à l'Université Paris 8 sur la modélisation et la formalisation de l'empathie dans les agents virtuels. Elle a mené des recherches dans le domaine de l'informatique affective à Orange Labs (France Télécom R&D), au Laboratoire d'informatique de l'Université Paris 6 et au National Institute of Informatics à Tokyo. Elle mène aujourd'hui des recherches au CNRS sur l'intégration d'une dimension sociale et émotionnelle dans les agents conversationnels animés pour améliorer l'interaction humain-machine.



**Yu Ding** est doctorant au Laboratoire Traitement et Communications de l'Information de Telecom ParisTech depuis 2011. Ses activités de recherche portent sur la synthèse d'animation de visage à partir des signaux de parole. Il est diplômé d'un Master en 2010 à l'Université Pierre et Marie Curie en France et d'une Licence en 2006 à l'Université Xia Men en Chine.



**Nesrine Fourati** est doctorante au Laboratoire CNRS Traitement et Communications de l'Information de Telecom ParisTech depuis 2011 et titulaire d'un Master « Réseaux Image Parole » de l'Université Paris Descartes. Ses recherches actuelles portent la caractérisation des comportements émotionnels corporels à partir des données de capture de mouvement 3D.



**Mathieu Chollet** est doctorant au Laboratoire Traitement et Communications de l'Information de Telecom ParisTech depuis 2011, et titulaire d'un Master Recherche en Informatique de l'Université de Rennes 1 et d'un diplôme d'Ingénieur de Telecom Bretagne. Ses activités de recherche portent sur la modélisation des dynamiques des comportements non-verbaux pour l'expression des attitudes interpersonnelles d'Agents Conversationnels Animés.



**Brian Ravenet** est doctorant au Laboratoire Traitement et Communications de l'Information de Telecom ParisTech depuis 2012. Son travail de thèse porte sur la modélisation de l'influence des attitudes sociales sur le comportement non-verbal des agents conversationnels animés. Il est titulaire d'un Master en architecture logicielle de l'Université de Nantes en 2010 après avoir effectué un stage de recherche au sein du projet OpenSim à Tokyo et a ensuite travaillé comme ingénieur d'études et développement en technologie .Net en 2011.



**Florian Pecune** est doctorant au Laboratoire Traitement et Communications de l'Information de Telecom ParisTech depuis 2012, et titulaire d'un Master Ingénierie et Cognition de l'Université Paris 8. Ses activités de recherche portent sur la modélisation de la prise de décision des compagnons artificiels dans différents contextes d'interaction sociale.



**Nadine Glas** est doctorante au Laboratoire Traitement et Communications de l'Information de Telecom ParisTech depuis 2013 et titulaire d'un Master "Erasmus Mundus Language and Communication Technologies" de l'université de Groningen et de l'Université de Lorraine. Ses recherches portent sur l'engagement dans l'interaction multimodale humain-agent virtuel.



**Ken Prepin** a reçu un Master en Mathématiques et un Master en Sciences Cognitives de l'Université Paris 6. Il a effectué son doctorat au sein du laboratoire de Psychologie du Développement sous la responsabilité de Jacqueline Nadel à La Salpêtrière et du laboratoire ETIS en neuro-cybernétique sous la direction de Philippe Gaussier. Sa thèse interdisciplinaire a porté sur la modélisation des interactions sociales via l'imitation entre des humains et des robots. Il est actuellement chargé de recherche au CNRS LTCI à Telecom-ParisTech. Ses intérêts de recherche incluent les agents conversationnels animés, l'émergence de synchronisation non-verbale durant des situations de dialogue et le couplage de systèmes dynamiques.



**Chloé Clavel** est enseignant-chercheur à Télécom-ParisTech. Ses activités se focalisent sur deux thématiques connexes appartenant au domaine de l'informatique affective : la reconnaissance acoustique des manifestations émotionnelles, et l'analyse des opinions et des sentiments dans les textes. Après son doctorat, elle a mené ses recherches en milieu R&D au sein de deux centres de recherche : Thales Research and Technology et EDF R&D. A Telecom-ParisTech, elle mène ces recherches dans le contexte de l'interaction humain-agent.



**Catherine Pelachaud** est Directrice de Recherche au CNRS. Ses intérêts de recherche portent sur les agents conversationnels animés, la modélisation de la communication non-verbale et des comportements expressifs et les interfaces multimodales. Elle a participé et participe à plusieurs projets Européens portant sur la communication multimodale, les agents conversationnels animés crédibles, les émotions et les comportements sociaux. Elle est éditeur associé de plusieurs journaux dont IEEE Transactions on Affective Computing et Journal on Multimodal User Interfaces. Elle a co-édité plusieurs livres sur les agents virtuels et les systèmes d'informatique émotionnelle.

## Interaction techniques for older adults using touchscreen devices: a literature review from 2000 to 2013

Lilian Genaro Motti, Nadine Vigouroux, Philippe Gorce

► **To cite this version:**

Lilian Genaro Motti, Nadine Vigouroux, Philippe Gorce. Interaction techniques for older adults using touchscreen devices: a literature review from 2000 to 2013. Journal d'Interaction Personne-Système, Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (AFIHM), 2014, 3 (2), pp.1-26. hal-01480330

**HAL Id: hal-01480330**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01480330>**

Submitted on 1 Mar 2017

**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.



# Interaction techniques for older adults using touchscreen devices: a literature review from 2000 to 2013

LILIAN GENARO MOTTI

IRIT - UMR 5505, Université de Toulouse 3 Paul Sabatier

NADINE VIGOUROUX

IRIT - UMR 5505, Université de Toulouse 3 Paul Sabatier

PHILIPPE GORCE

HandiBio - EA 43 22, Université du Sud Toulon Var

Résumé : Des progrès considérables des technologies mobiles ont été constatés sur les quinze dernières années, notamment avec le développement des écrans tactiles. Depuis que le vieillissement est un phénomène démographique mondial, plusieurs études ont été menées pour étudier et améliorer l'interaction des personnes âgées avec ces nouvelles technologies. Ces études sont importantes car les dispositifs mobiles, souvent équipés d'un écran tactile, peuvent aider à améliorer la qualité de vie des personnes âgées (soins de santé, maintien du lien social, jeux sérieux). Comprendre l'interaction de ce groupe d'utilisateurs avec des écrans tactiles peut ainsi faciliter l'adoption des technologies interactives et leur future utilisation. Cette revue de la littérature analyse trente-six études qui ont évalué des techniques d'interaction pour des sujets âgés utilisant des dispositifs avec écran tactile. Cette revue vise 1) à analyser la situation de ces trente-six études (population, équipements, tâches et techniques d'interaction) et 2) à identifier les situations d'utilisation des écrans tactiles et des techniques d'interaction qui doivent encore être étudiées. Les résultats sont l'analyse descriptive des populations incluses, des dispositifs choisis, des tâches effectuées et des techniques d'interaction, ainsi qu'une synthèse des paramètres pertinents à prendre en compte pour des études sur les techniques d'interaction tactile. Sur chaque point, nous présentons une discussion sur les résultats, les recommandations des auteurs et des repères pour des travaux futurs.

Mots clés : Ecran tactile, techniques d'interaction, personnes âgées.

Abstract: Some remarkable advances in mobile technologies have been made on the past fifteen years, especially the adoption of direct input on the screen. Since aging is now a worldwide demographic phenomenon, several studies have been carried on to investigate and improve the interaction between older-aged adults and these new technologies. These studies are important because mobile devices are often equipped with touchscreen and they can help to improve quality of life for older adults (health care, social life, serious games). Understanding interaction of this group of users with touchscreen can facilitate the adoption of interactive technologies and their future use by older populations. This literature review analyses thirty six studies that evaluated interaction techniques for older users using touchscreen devices. This review intends to 1) analyze the situation of thirty six studies (population, apparatus, tasks and interaction techniques) and 2) identify situations of use of touchscreen devices and interaction techniques that need to be further studied. As results, a descriptive analysis of the populations included, the chosen apparatus, executed tasks and interaction techniques are presented, so as a summary of relevant parameters to consider for studies of tactile interaction techniques. On each topic, we discuss about the results, the authors' recommendations and we provide cues for future work.

Key words: Touchscreens, tactile interaction, older adults.

---

Adresse des auteurs : Lilian Genaro Motti ([genaro@irit.fr](mailto:genaro@irit.fr)), Nadine Vigouroux ([vigourou@irit.fr](mailto:vigourou@irit.fr)), IRIT UMR 5505, Université de Toulouse 3 Paul Sabatier, 118 Route de Narbonne, 31062, Toulouse, France. Philippe Gorce ([gorce@univ-tln.fr](mailto:gorce@univ-tln.fr)), HandiBio EA 43 22, Université du Sud Toulon Var, Avenue de l'université, 83957, Toulon, France.

Les articles de JIPS sont publiés sous licence Creative Commons Paternité 2.0 Générique.

## 1. INTRODUCTION

Some remarkable advances in mobile technologies have been made during the past fifteen years, especially the adoption of direct input on the screen. Since aging is now a worldwide demographic phenomenon, several studies have been done to investigate and improve tactile interaction for older adults.

Touchscreen interaction has been recommended for older adults for several reasons. First, direct interaction requires less cognitive, spatial or attentional demand [Caprani et al. 2012; Wood et al. 2005]. It has been shown that touchscreen interaction reduces movement times and number of errors, reducing the age-related differences in performances when compared to traditional computer input devices as mouse [Findlater et al. 2013; Schneider et al. 2008] or physical keypads [Chung et al. 2010]. Touchscreen interaction is also easy to learn for users without experience with computers and it reduces the resistance of older adults towards new technologies [Umehuro 2004; Gonçalves and Ueyama 2012].

These studies are important because mobile devices can help to improve quality of life for older adults (health care, social life, serious games). Touchscreen equipment is suitable to be used everywhere because it does not need intermediary devices. Most of handheld devices are equipped with touchscreen nowadays and so are public kiosks in train stations, airports or banking systems are also equipped with touchscreen devices [Chung et al. 2010]. Therefore, improving the way older people use touchscreen devices is also important to prevent digital exclusion.

Studies of touchscreen interaction of older adults intend to provide guidelines and recommendations in order to facilitate the design of applications destined to the elder populations. For example, e-health applications provide medical assistance or home care [Nischelwitzer and Pintoffl 2007; Piper et al. 2010; Holzinger 2003; Iglesias et al. 2009] or social network applications help older users to keep in touch with their families and friends, sharing information and preventing from isolation. Ludic activities and serious games can be used get information, obtain therapeutic effects and also support cognitive stimulation [Ijsselsteijn et al. 2007]. Besides, they could help beginners to discover new technologies and learn tactile interaction [Motti et al. 2014].

However, the incidence of sensorial, motor or cognitive impairment on older populations is important due to the age related changes during normal or pathological ageing. For this reason, some authors have studied the difficulties of computer traditional input by older people with low motor skills [Smith et al. 1999] or cognitive impairment [Vigouroux et al. 2009]. The use of touchscreen devices has been considered to older users visually impaired [Leonard et al. 2005]. Take into account the different characteristics of users and the individual age-related changes on interaction studies is important so designers and developers can provide support and propose new interactions techniques adapted to the users' special needs.

Several studies evaluated interaction techniques for older users using touchscreen. There is a great variability among the included participants, the chosen devices and the parameters of study. This review shows that they do not embrace all the situations of use neither the characteristics of older populations. The main objective of this review is to identify non-studied situations and interaction techniques and propose new studies. The next section presents the related work and places the contributions of the present review. Section 3 describes the methodology of the selection and analysis of thirty six studies. Section 4 shows the results of this comparative analysis. Section 5 presents a discussion. Finally, a conclusion is presented on section 6.

## 2. RELATED WORK

The number of works concerning human-computer interaction of older adults reveals the importance researchers of different fields of knowledge have been given to this subject the past fifteen years. However, new interaction techniques and devices are being developed and continuously launched into the market, thereby more studies have to be done to improve existing techniques and propose new ones.

The existing reviews of the literature on tactile interaction for older adults do not embrace all the parameters affecting human-computer interaction.

There are reviews summarizing design recommendations for graphical user interfaces of applications destined to be used by older adults. These design recommendations concern buttons sizes, font sizes and layout advices based on interaction studies as well as assessment of users' subjective appreciation and satisfaction [Gudur et al. 2013; Rau and Hsu 2005]. Nevertheless, the variability of devices and situations of use as well as different input modalities and interaction techniques are not reported.

Three other reviews on tactile interaction of older adults have been found. Two of them focus on one specific situation of use. They do not discuss the different contexts of use of mobile devices. Al-Razgan et al (2012) presented a survey of the literature about guidelines for mobile phones destined to older users. In their work, they emphasize graphical user interfaces and layout recommendations, simplifying the interaction techniques and the differences between users [Al-Razgan et al. 2012]. Zhou et al (2012) presented a review about handheld computers for older adults. They discuss the acceptability and the usability of handheld devices by this population but they do not discuss the advantages or problems of interaction techniques on touchscreen. Loureiro & Rodrigues (2014) presented a review on design guidelines for touchscreen interfaces and their work establishes a set of design recommendations to help designers and developers to create applications for older adults. The work of Loureiro & Rodrigues (2014) is based on the classification of Kurniawan & Zaphiris (2005), concerning web accessibility guidelines for older users [Kurniawan and Zaphiris 2005]. However, new ways of interacting with web content and applications on touchscreen devices can hardly be fit in the classification for web accessibility guidelines. As pointed out by Loureiro & Rodrigues (2014), the suitability of gestures of interaction for older adults using touchscreens should be further studied [Loureiro and Rodrigues 2014].

Other literature reviews about human-computer interaction of older users discuss how the direct input on the display can enhance older user's performances, highlighting the advantages and disadvantages of the use of touchscreen technologies by older adults [Caprani et al. 2012; Taveira and Choi 2009].

The main contribution of the present review is to analyze the different parameters and situations of the studies on tactile interaction we selected. By doing so, we will be able to identify the contexts of use of touchscreen devices that should be further studied.

Besides, older users are a heterogeneous group. In addition to the individual age-related changes, user's background and previous experiences affects the way they perceive and interact with technologies. It is not easy to take into account the variability of this population [Wöckl et al. 2012; Sears and Hanson 2011] and it is also difficult to follow the evolution of their characteristics [Hanson 2009]. To overcome this problem, some of the selected studies applied user-centered design methods and participatory evaluation of applications in spite of the difficulties of including older adults as participants on design evaluation and experimental studies [Dickinson et al. 2007].

### 3. METHODOLOGY

The studies we selected include older adults as participants for design evaluation sessions or experiments that evaluate existing interaction techniques or propose new ones for interacting with touchscreen flat displays. Authors represent research groups that are placed in most of the countries where older adults represent an important part of the population (Europe, North-America, and Asia).

The study of the interaction of older adults and interactive technologies is an important topic on different research fields and the object of multidisciplinary studies. Assistive technologies, Ergonomics and Computer science are the main research fields interested in evaluating interaction techniques for older users. This is a non-exhaustive review. Thirty six studies have been selected from peer-reviewed conferences and journals on Human-computer interaction (ACM CHI, Int. Journal of HCI, BCS-HCI, INTERACT, Gestures Workshop, Universal Access on HCI, ACM Transactions on Accessible Computing, Universal Access on the Information Society, Journal of Applied Gerontology, Ergonomics, Human factors and Ergonomics Society, USA, Engineering of Interaction on Computer Science):

- 14 studies from human-computer interaction field, from 2006 to 2013
- 13 studies from the assistive technologies field, from 2004 to 2012
- 6 from psycho-motor and ergonomics research field, from 2000 to 2010
- 2 studies from healthcare research field, on 2010 and 2013
- 1 from computer science published in 2010.

Some of these studies outcomes from the same experiment, but present extended results and contributions.

The following section presents the results of our comparative analysis. First, we describe the characteristics of the older participants included on these studies. Then, we describe the apparatus, the tasks and the interaction techniques evaluated. In order to facilitate the reading, interaction techniques have been divided in two categories: input, including input modalities and gestures of interaction, and output, mainly about providing multimodal feedback. Each topic contains a descriptive analysis with a summary of relevant parameters and a discussion about the results, the authors' recommendations and cues for future work.

## 4. RESULTS

### 4.1 Population

#### 4.1.1 Description

The number of older adults included on the analyzed studies varies between 3 and 85 subjects. Subjects were aged 50 to 94 years old.

Fourteen studies only had older participants [Leonard et al. 2005; Leitao and Silva 2013; Wood et al. 2005; Hwangbo et al. 2013; Tsai and Lee 2009; Harada et al. 2013; Lee et al. 2009; Jin et al. 2007; Kobayashi et al. 2011; Mertens and Jochems 2010; Umemuro 2004; Wacharamanotham 2011; Gonçalves and Ueyama 2012; Nicolau and Jorge 2012]. Nineteen compared the performances between different groups of ages [Stöbel et al. 2010; Schneider et al. 2008; Piper et al. 2010; Chung et al. 2010; Findlater et al. 2013; Apted et al. 2006; Hollinworth and Hwang 2011; Hourcade and Berkel 2006; Iglesias et al. 2009; Lepicard and Vigouroux 2010b; Lepicard and Vigouroux 2012; Lepicard and Vigouroux 2010a; Moffatt and McGrenere 2007; Umemuro 2004; Vetter et al. 2011; Wright et al. 2000; Nischelwitzer and Pintoffl 2007; Jastrzembski et

al. 2005; Charness et al. 2004; Rogers et al. 2005]. The others compared interaction performances between different age groups.

Age was a significant predictor of performance for all these studies, but authors who assessed manual dexterity state that it is also a strong factor [Nicolau and Jorge 2012]. The incidence of sensory, cognitive or motor impairments increases with ageing. Even though, only able-bodied older adults participated of 18 studies [Findlater et al. 2013; Lopicard and Vigouroux 2012; Lopicard and Vigouroux 2010a; Lopicard and Vigouroux 2010b; Hwangbo et al. 2013; Harada et al. 2013; Hourcade and Berkel 2006; Kobayashi et al. 2011; Tsai and Lee 2009; Leitao and Silva 2013; Umemuro 2004; Vetter et al. 2011; Wood et al. 2005; Wright et al. 2000; Stöbel et al. 2010; Jastrzembski et al. 2005; Charness et al. 2004; Rogers et al. 2005].

Eighteen authors evaluated the skills of the users before the experiment by means of self-report or evaluation methods. Sometimes, these measures were used to determine inclusion or exclusion criteria. Table 1 synthesizes pre-experiment measurement of skills or impairments. Six studies assessed visual acuity and one included visually impaired users on the study (age-related macular degeneration – AMD). Eight assessed auditory skills, four of them provided audio feedback and two of them included users wearing hearing aids. Ten studies assessed cognitive skills but one included users with low levels of attention and concentration. Fourteen studies assessed motor skills or manual dexterity, two of them included users with tremor and the other three included users with relatively low manual dexterity.

Visual or hearing acuity were assessed through tests or participants were just questioned about it.

Cognitive skills were evaluated with computer assisted tests or standardized measures [Tsai and Lee 2009; Wood et al. 2005; Rogers et al. 2005; Jastrzembski et al. 2005; Charness et al. 2004; Wright et al. 2000]. Cognitive impairment has shown effects on interaction with technologies and this effects have been studied to older users [Vella et al. 2011]. But only one study included older users with low cognitive skills [Tsai and Lee 2009].

Motor skills or impairment, as manual dexterity, were measured with different methods as Purdue Pegboard test, Grooved Pegboard test or paper folding test for manual dexterity [Jin et al. 2007; Moffatt and McGrenere 2007; Wood et al. 2005; Leonardi et al. 2010], combined with Digit Symbol Substitution for speed [Moffatt and McGrenere 2007], and others. Archimedes spiral drawing [Nicolau and Jorge 2012; Wacharamanotham 2011], accelerometers [Wacharamanotham 2011] or 9 holes steadiness were used to measure tremor [Wacharamanotham 2011; Moffatt and McGrenere 2007]. Operations on calculators were used to measure keyboard dexterity [Wright et al. 2000].

Some studies compared the performances between groups of subjects with different manual dexterity [Jin et al. 2007], motor [Wacharamanotham 2011] or cognitive skills [Tsai and Lee 2009].

Table 1. Pre-experiment measurement of skills of the subjects and the inclusion criteria of subjects with disabilities on the studies.

<b>Skills or impairments</b>	<b>Measurement</b>	<b>Self-report information</b>	<b>Subjects with disabilities included on the study</b>
<b>Visual</b>	4 studies [Leonard et al. 2005; Charness et al. 2004; Jastrzembski et al. 2005; Rogers et al. 2005]	2 studies [Stößel et al. 2010; Lee et al. 2009]	AMD [Leonard et al. 2005]
<b>Auditory</b>	4 studies [Hwangbo et al. 2013; Charness et al. 2004; Jastrzembski et al. 2005; Rogers et al. 2005]	4 studies [Lee et al. 2009; Wood et al. 2005; Kobayashi et al. 2011; Iglesias et al. 2009]	Hearing aid [Wood et al. 2005; Kobayashi et al. 2011]
<b>Cognitive</b>	6 studies [Wood et al. 2005; Tsai and Lee 2009; Leonard et al. 2005; Charness et al. 2004; Jastrzembski et al. 2005; Rogers et al. 2005]	4 studies [Leonard et al. 2005; Lepicard and Vigouroux 2010a; Lepicard and Vigouroux 2012; Iglesias et al. 2009]	Low attention and concentration levels [Tsai and Lee 2009] Emotivity [Iglesias et al. 2009]
<b>Motor</b>	9 studies [Leonard et al. 2005; Tsai and Lee 2009; Jin et al. 2007; Mertens and Jochems 2010; Nicolau and Jorge 2012; Wacharamanotham 2011; Schneider et al. 2008; Wright et al. 2000; Charness et al. 2004; Jastrzembski et al. 2005; Rogers et al. 2005]	5 studies [Stößel et al. 2010; Piper et al. 2010; Lepicard and Vigouroux 2012; Lepicard and Vigouroux 2010a; Lepicard and Vigouroux 2010b]	Arthritis [Piper et al. 2010] Tremor [Piper et al. 2010; Mertens and Jochems 2010; Nicolau and Jorge 2012; Wacharamanotham 2011] High and low accuracy [Tsai and Lee 2009; Jin et al. 2007]

The different performances of participants during interaction with technologies can also be related to their background. Sixteen authors questioned subjects about their personal history, including attitudes towards technologies, health conditions, educational levels and reading skills.

Table 2 summarizes the characteristics of the background of participants and the use of these criteria for performance evaluation.

Table 2. Background of the subjects and the use of these criteria for performance evaluation.

<b>Background information</b>	<b>Subjects were questioned about it</b>	<b>Criteria for performance evaluation</b>
<b>Attitudes towards technologies</b>	4 studies [Findlater et al. 2013; Umemuro 2004; Gonçalves et al. 2011; Mertens and Jochems 2010]	2 studies [Findlater et al. 2013; Mertens and Jochems 2010]
<b>Health conditions</b>	4 studies [Iglesias et al. 2009; Piper and Hollan 2013; Hollinworth and Hwang 2011; Nischelwitzer and Pintoffl 2007]	-
<b>Education</b>	2 studies [Tsai and Lee 2009; Gonçalves and Ueyama 2012]	1 study [Gonçalves and Ueyama 2012]
<b>Reading skills</b>	2 studies [Gonçalves and Ueyama 2012; Wright et al. 2000]	-

Previous experience with information computers, internet, mobile phones or touchscreen was considered as a predictor for the performances of older users for several studies. Table 3 shows the studies where subjects were questioned about their previous experience with information and communication technologies (ICTs) and those who used it as criteria of inclusion or exclusion of participants. This information was accessed by self-report, interview or standardized questionnaires [Schneider et al. 2008].

Table 3. Previous experience with ICTs and inclusion criteria for subjects.

<b>Previous experience with ICTs</b>	<b>Pre-experiment verification/ Subjects questioned about it</b>	<b>Subjects with previous experience with ICT included on the study</b>
<b>Computers</b>	5 studies [Wood et al. 2005; Stöbel et al. 2010; Leonard et al. 2005; Schneider et al. 2008; Findlater et al. 2013]	4 studies [Wood et al. 2005; Stöbel et al. 2010; Leonard et al. 2005; Schneider et al. 2008]
<b>Mobile phones</b>	5 studies [Leonard et al. 2005; Lee et al. 2009; Kobayashi et al. 2011; Umemuro 2004; Harada et al. 2013]	1 study [Lee et al. 2009]
<b>Touchscreen</b>	1 study [Chung et al. 2010]	1 study [Findlater et al. 2013]

#### 4.1.2 Discussion

Older adults are a very heterogeneous population. Motor, sensorial and cognitive skills qualify individual characteristics. Besides, special needs or handicap change during lifetime, they can be temporary or degenerative. In addition to this, older users have different background, health conditions, education, and previous experience with technologies, as well as attitudes towards computers.

The analysis of the included population showed that some of reviewed studies included older adults with special needs, different backgrounds, novices or more

experienced users. The effects of the users' profile on the performance have not yet been studied, but there are evidences that they should be considered during interaction research.

Future work should provide information and recommendations for older adults with special needs and different backgrounds. Another important aspect to consider is the experience of use. Few studies included users with previous experience of use of computers, mobile phones and touchscreen devices. Following the popularization of touchscreen devices, more and more users will have previous experience with tactile interaction. More studies need to be done to investigate the ICTs proficiency of long term users and its effects on their performances when interacting with technologies.

When designing or developing an application to older users it is not possible to preview skills, disabilities or background of final users. Ideally, systems need to consider their diversity and try to be flexible and adaptive. Allowing customization could also help to respond to the user's different needs.

## 4.2 Apparatus

### 4.2.1 Description

The touchscreen devices chosen for these studies had different screen sizes, from 3.5 to 42 inches. Only two studies compared interaction between two screen sizes (smartphone and tablet) [Harada et al. 2013; Kobayashi et al. 2011].

Screen resolution and touchscreen technologies have been improved over the past 10 years, allowing higher image quality and touch sensitivity. Screen resolution affects pixel sizes on the display and consequently the higher touchscreen resolution affects precision for detecting touch contact.

Resistive touchscreens need constant pressure. Some authors reported that older users had difficulties to maintain pressure during long gestures of interaction [Wood et al. 2005]. Capacitive touchscreens are highly sensitive but authors report unregistered and accidental touches [Harada et al. 2013]. The resolution and the touchscreen technologies are not always specified by authors.

Screen orientation and position generally modify the layout and the interaction. Landscape mode allows bigger key sizes on small portable devices, i.e. during text entry tasks [Nicolau and Jorge 2012], but portrait mode can be suitable for right and left handed users. Horizontal positions are common for fixed devices or tabletops, but 30° inclination offers a better visual comfort for reading tasks [Piper et al. 2010].

Screen sizes affect the layout of the content but also the way users interact with the devices. Portable devices such as smartphones have small screen sizes, they are light-weighted and commonly used handheld [Nicolau and Jorge 2012]. Some studies simulate small screen sizes layout on bigger touchscreen monitors, that are generally fixed on vertical position [Jin et al. 2007; Chung et al. 2010; Lee et al. 2009]. Bigger portable devices as tablets were used to study larger gestures of interaction [Stöbel et al. 2010; Harada et al. 2013]. Surfaces and tabletops were fixed horizontally and employed for collaborative or multi-users tasks [Apted et al. 2006; Piper et al. 2010].

Table 4 summarizes the parameters and configuration of the apparatus of these studies.

Table 4. Apparatus configuration on the studies reviewed.

<b>Device characteristics</b>	<b>Configuration</b>
<b>Screen size</b>	Smartphone (3 to 5 inches), 11 studies Tablet (6 to 12 inches), 11 studies Monitor (15 to 19 inches), 9 studies Surface (24 to 42 inches, horizontal), 3 studies [Apted et al. 2006; Piper et al. 2010; Vetter et al. 2011]
<b>Screen resolution</b>	Some examples of variability of display dimensions: 240x320 or 640x960 on 3.5 inches screen [Hourcade and Berkel 2006; Kobayashi et al. 2011], 768x1024 or 870x1152 on 9.7 inches screen [Kobayashi et al. 2011; Findlater et al. 2013].
<b>Touchscreen technology</b>	3 studies used resistive touchscreens [Wood et al. 2005; Leonard et al. 2005; Wright et al. 2000]. Most of studies after 2006 should have used capacitive touchscreens.
<b>Screen orientation</b>	Portrait, 13 studies Landscape, 13 studies Not-specified, 4 studies
<b>Device orientation</b>	Horizontal (0 to 30°), 11 studies, Vertical (75 to 90°), 10 studies, Not-specified or not applied, 9
<b>Device position</b>	Handheld, 5 studies Fixed, 17 studies Non-mentioned, 8

Commonly, touchscreen support pen or fingers interaction. Only one study compared the performances between these two input devices [Hourcade and Berkel 2006]. Some studies compare direct interaction with indirect input, as shown by the Table 5. The gestures of interaction are described and analyzed on section 4.4.

Table 5. Studies reviewed that compared direct and indirect input devices<sup>1</sup>.

<b>Direct input</b>	<b>Indirect input</b>
<b>Finger interaction on touchscreen</b>	Mouse, enlarged mouse, touch pad [Wood et al. 2005] Mouse, eye-gaze input [Schneider et al. 2008] Physical keypad (for digit input tasks) [Chung et al. 2010] Physical keyboard (for text-entry tasks) [Umemuro 2004]
<b>Pen interaction on touchscreen</b>	RFID-based interface [Iglesias et al. 2009] Mouse [Jastrzemski et al. 2005; Charness et al. 2004] Rotary encoder [Rogers et al. 2005] Physical keyboard (for text-entry tasks) [Wright et al. 2000]

<sup>1</sup> According to the definition of Rogers et al (2005) [51], direct input devices don't require any translation between the user's action and this action on the system. Indirect input devices, on the other hand, use different dimensions (for example, scale of movement).

### 4.2.2 Discussion

The studies have evaluated interaction on devices with different screen sizes, screen resolution and touchscreen technologies. Different screen positions and orientation were used. Two studies compared interaction on different screen sizes, but all the other parameters affecting the layout display and the interaction need to be further studied.

In summary, results show that larger screen sizes were related to better performances because it displays bigger keys size and inter-spacing [Umemuro 2004; Kobayashi et al. 2011]. Results of a study with younger adults showed that touch interaction on vertical or horizontal surfaces induces different performances and fatigue [Pedersen and Hornbæk 2012]. No problems were reported for older users with low manual dexterity to interact with large horizontal touchscreens [Apted et al. 2006; Piper et al. 2010].

Designers should consider the possibilities of choice of devices. Ideally, systems should be adaptive: layout should correctly fit into different screen sizes and allow interaction with different input techniques, so users would be able of using or accessing information through different devices.

## 4.3 Tasks

### 4.3.1 Description

All the studies allowed practice trials before the experiment. Longer familiarization periods were proposed for participants without previous experience with touchscreen (half-day to one week period). Training tasks are detailed on the Table 6.

Table 6. Training tasks on the studies reviewed.

<b>Kind of training</b>	<b>Number of studies and details</b>
Familiarization period	2 studies [Kobayashi et al. 2011; Harada et al. 2013]
Practice trials	10 studies [Chung et al. 2010; Hourcade and Berkel 2006; Hwangbo et al. 2013; Jin et al. 2007; Leonard et al. 2005; Lepicard and Vigouroux 2010a; Lepicard and Vigouroux 2010b; Lepicard and Vigouroux 2012; Nicolau and Jorge 2012; Tsai and Lee 2009]
Demonstration	2 studies [Leitao and Silva 2013; Harada et al. 2013]
Printed tutorial	1 study [Apted et al. 2006]

Tutorials and training can be used to help older adults, improving their performances and positively influencing their attitudes towards touchscreens [Leitao and Silva 2013]. Older adults show better performances and stabilization after the 20<sup>th</sup> trial [Mertens and Jochems 2010]. A week experience improved performances of interaction especially for dragging and pinching gestures [Kobayashi et al. 2011]. Familiar user interfaces and simple tasks are helpful to start [Hwangbo et al. 2013].

Subjects worked on groups during some studies [Apted et al. 2006; Gonçalves et al. 2011; Harada et al. 2013]. Working in pairs can be useful for older users because they can learn by observing their partners [Apted et al. 2006; Gonçalves et al. 2011; Harada et al. 2013]. It can also generate more natural situations during the experiment.

The main tasks can be elementary or complex: the first ones had simple layout (few or no distractors) and users should do one single task at the time. Complex tasks, on the

other hand, were composed of several sub-tasks and represented more realistic situations.

Elementary tasks like reading, selecting targets, typing (text, digit or passwords) or executing patterns of gestures on the touchscreen were evaluated, as described on the Table 7.

Table 7 Elementary tasks on the studies reviewed.

<b>Elementary tasks</b>	<b>Number of studies and details</b>
<b>Reading</b>	3 studies [Hollinworth 2009; Nischelwitzer and Pintoffl 2007; Piper et al. 2010]
<b>Target selection</b>	12 studies
<b>Text or digit input</b>	11 studies
<b>Patterns of gestures</b>	9 studies

Only three studies evaluate reading tasks by older users. Reading tasks consist on the evaluation of text fonts, comfort and also the interaction technique for scrolling, passing through pages and resizing the texts. While reading, participants appreciate when they can adjust font size [Hollinworth 2009]. The inclination of the screen can be uncomfortable [Piper et al. 2010]. Authors recommend limiting the number of lines of text [Nischelwitzer and Pintoffl 2007] and avoid scrolling because certain users can lose orientation between lines [Apted et al. 2006]. Arrows buttons can help users go forward or backward as books pages.

Target selection tasks and typing are affected by targets sizes, spacing and location, on small touchscreen devices [Hwangbo et al. 2013] and also on larger screen sizes [Lepicard and Vigouroux 2010b]. Results of the experiments show that it is better to reduce the number of targets [Hourcade and Berkel 2006; Jin et al. 2007; Lepicard and Vigouroux 2010b]. 4 or 6 targets are easier to identify and interact than 8, especially for users aged 70 years old or more [Lepicard and Vigouroux 2010a]. Placing targets near to the boundaries helps motor impaired users and facilitate long gestures of interaction for target selection or text entry [Mertens and Jochems 2010]. 8 targets or more showed better results when placed into two blocks, on the left and the right side of the screen. Two hands interaction can be used on this situation [Lepicard and Vigouroux 2010a]. Pen interaction allows smaller targets, even 3mm width targets for older users with high manual dexterity [Moffatt and McGrenere 2007]. Concerning the targets location on small screen devices, movements from top to bottom are easier to visually impaired older users according to [Apted et al. 2006] and diagonal movements are slower, so designers should consider upper-bottom or side directions of a center point [Hwangbo et al. 2013].

Familiarity to the interfaces is important for typing tasks. Number entry is easier with explicit displays, such as numeric keypads instead of cursors or sliders [Nischelwitzer and Pintoffl 2007]. Sliders can be used when there are few options to select, with pre-defined positions. For numeric keypads, the zero key should be placed at the bottom, in the middle (under the “8”) [Nischelwitzer and Pintoffl 2007; Chung et al. 2010; Harada et al. 2013]. Labelling the space bar would be helpful for less experienced users [Piper et al. 2010].

Authors recommend to address the gap between the intended and the actual touch location [Kobayashi et al. 2011; Nicolau and Jorge 2012; Harada et al. 2013]. Soft keyboards can be calibrated to adapt to users’ special needs, correcting drifting for

example [Nicolau and Jorge 2012]. It is also possible to adapt soft keyboard presentation [Umemuro 2004; Nicolau and Jorge 2012], highlighting letters according to the text that has already been inserted. Word prediction and spelling correctors should also help older users during text entry tasks, especially older users with tremors [Nicolau and Jorge 2012; Wright et al. 2000]. Authors also recommend to provide support for slipping, a common error between older users [Hourcade and Berkel 2006; Moffatt and McGrenere 2007].

Large patterns are faster to execute during single-touch gestures with finger interaction [Stöbel et al. 2010]. Authors recommend to avoid acute angles and use familiar shapes [Stöbel 2009]. When using patterns of gestures of interaction with one finger on single touch devices, it is recommended to avoid complex patterns [Vetter et al. 2011].

Ten studies proposed multiple elementary tasks during the execution of one complex exercise. It allows the analysis of interaction as a whole on more realistic situations. The kind of complex exercises analyzed by these studies is detailed on Table 8Table .

Table 8 Complex exercises (tasks with several sub-tasks) on the studies reviewed.

<b>Complex exercises</b>	<b>Number of studies and details</b>
<b>Use a digital agenda</b>	1 study [Iglesias et al. 2009],
<b>Email</b>	2 studies [Hollinworth 2009; Umemuro 2004]
<b>Phone tasks</b>	2 studies [Gonçalves and Ueyama 2012; Harada et al. 2013]
<b>Photo manipulation</b>	1 study [Apted et al. 2006]
<b>Health care systems</b>	2 studies [Piper et al. 2010; Nischelwitzer and Pintoffl 2007]
<b>Map visualization</b>	1 study [Harada et al. 2013]

### 4.3.2 Discussion

Learning how to interact with new technologies and using a new interaction technique can be demanding on time and practice [Mertens and Jochems 2010]. Familiarization with the gestures of interaction and with the layout is especially important for novice users. Otherwise, systems should provide cues for interaction in order to facilitate initial learning (i.e. animations, pop-up frames with description or visual cues).

Complex exercises allow the observation of more usual situations as well as the subjective analysis of the participants, their common errors and difficulties. Systems should be usable and accessible through all the different tasks. Target selection concerns the use of soft keys for typing text or digits. Reading may concern text entry tasks and controlling the display.

Recommendations for the use of different layout configurations and interaction techniques are directly related to the tasks executed on the reviewed studies. However, it is possible to cross recommendations. For example, Iglesias et al (2009) could verify that icons were better than images for representing actions and movement on an agenda [Iglesias et al. 2009]. This recommendation can also be used on other systems and applications. Leonard et al (2005) recommends to reduce the number of distractors

[Leonard et al. 2005]; it concerns not only visually impaired people but older users in general.

Future work should consider the passing between tasks and get closer to more realistic situations, in order to prevent errors or supplementary manipulation. User-centered design approaches provide important information to improve accessibility and usability of systems destined to older users.

#### 4.4 Interaction techniques

Different interaction techniques can be used to access information and communicate with an interactive system. Different input modalities have been evaluated, with pen or fingers and single or multi-touch interaction. Several gestures of interaction have also been studied, the most current as “tapping” and “dragging” or new ways of typing as “swabbing”. Multimodal output have been provided and evaluated, including visual feedback on the touchscreen display or audio and tactile feedback.

The distinction between input and output interfaces on this section is made purely for analytical purposes. Input and output are completely interlaced and they cannot be designed independently [Nigay and Coutaz 1996].

##### 4.4.1 Input

###### 4.4.1.1 Description

The studies evaluated pen or finger interaction on single or multi-touch systems. Seven studies investigated the use of pen based interaction by older users. One study compared pen or finger interaction [Hourcade and Berkel 2006]. Twenty-seven studies evaluated tactile interaction with fingers.

Table 9 synthesizes the input techniques investigated by these studies. Twenty-seven studies evaluated single-touch interaction. Seven studies evaluated multi-touch interaction [Apted et al. 2006; Findlater et al. 2013; Lopicard and Vigouroux 2012; Leitao and Silva 2013; Piper et al. 2010; Kobayashi et al. 2011; Harada et al. 2013]. One study compared single and multi-touch interaction for older users [Lopicard and Vigouroux 2012].

Table 9. Input techniques investigated on the studies reviewed.

<b>Input modalities / Number of touch points</b>	<b>Single-touch</b>	<b>Multi-touch</b>
<b>Pen</b>	7 studies [Hourcade and Berkel 2006; Leonard et al. 2005; Moffatt and McGrenere 2007; Wright et al. 2000; Charness et al. 2004; Jastrzembski et al. 2005; Rogers et al. 2005]	No studies evaluated or proposed pen and multi-touch
<b>Finger</b>	20 studies	One hand, 5 studies [Findlater et al. 2013; Leitao and Silva 2013; Harada et al. 2013; Lopicard and Vigouroux 2012; Kobayashi et al. 2011] Two hands, 2 studies [Lopicard and Vigouroux 2012; Piper et al. 2010]

Concerning finger interaction, it has been reported that most of users used the index finger to pointing and target selection tasks, as well as text or digit entry tasks. Sometimes, they have been asked to interact with this precise finger. New studies have been done to evaluate interaction with thumbs or others fingers by young or middle aged adults [Wagner et al. 2012], but it has not been evaluated with older adults yet.

Pen interaction could be helpful for older users with motor difficulties, as shown by previous studies that have considered pen-based interaction for motor impaired young people [Cofre et al. 2012]. The contact of the pen with the screen seems to be easier to control and it does not hide a big surface on the screen, in contrary to fingers gestures or multi-touch interaction.

Multi-touch interaction is current used on most of devices and some gestures are needed to execute some functions on tablets and smartphones. Unfortunately, to the best of our knowledge, few studies evaluated multi-touch interaction of older adults. Only two studies analyzed common gestures as scroll, pan, pinch or rotate [Harada et al. 2013; Leitao and Silva 2013]. Multi-touch gestures have only been studied with able-bodied participants.

During the evaluation of gestures of interaction, authors compared the time of the trial and time of completion, accuracy and errors. For evaluation the execution of patterns of gestures, displacements and boundaries were used on one study [Stöbel et al. 2010] and drag distance in another [Wood et al. 2005]. Subjective difficulties and appreciation are also reported [Lee et al. 2009]. When evaluating interfaces, authors compared target sizes and spacing, the positions of interactive zones on the screen, icon recognition and preferences.

Table 10 synthesizes the main gestures of interaction evaluated on these studies. For analytical purposes, we have divided gestures into two kinds: target selection, one single touch on one specific target, and displacement, a continuous touch on the screen from an initial to a final position.

Table 10. Main gestures of interaction evaluated on the studies reviewed.

<b>Touch kind</b>	<b>Kind of touch gesture</b>	<b>Examples</b>	<b>Studies that used/evaluated this interaction technique by older adults</b>
<b>Single-touch</b>	<b>Target selection</b>	Tap, type	6 studies [Gonçalves and Ueyama 2012; Chung et al. 2010; Lee et al. 2009; Harada et al. 2013; Wright et al. 2000; Nicolau and Jorge 2012]
<b>Single-touch</b>	<b>Displacement</b>	Drag, move, draw, scroll, pan, swipe, swab, steer	8 studies [Findlater et al. 2013; Leitao and Silva 2013; Lepicard and Vigouroux 2012; Wood et al. 2005; Stöbel et al. 2010; Harada et al. 2013; Mertens and Jochems 2010; Wacharamanotham 2011]
<b>Multi-touch</b>	<b>Target selection</b>	-	-

<b>Multi-touch</b>	<b>Displacement</b>	Rotate, spread, pinch	8 studies [Findlater et al. 2013; Lepicard and Vigouroux 2012; Leitao and Silva 2013; Harada et al. 2013; Piper and Hollan 2013; Apted et al. 2006; Hollinworth and Hwang 2011; Kobayashi et al. 2011]
--------------------	---------------------	-----------------------	---

#### 4.4.1.2 Discussion

Existing interaction techniques are evaluated, as selecting targets with one simple direct touch, moving or dragging objects, typing text or digits. New techniques being developed have also been proposed, as the execution of patterns of gestures or other long touch movements, such as swabbing, that has shown efficiency of use for users with tremor [Wacharamanotham 2011].

Gestures for tactile interaction can be characterized by their distance (initial and final position, trajectory), duration (short time or holding) and direction. The number of points of contact and the position of the hand and fingers can also be used to elaborate new ways of interaction. For instance no studies evaluated this possibility for older users. On this analysis, target selection with multi-touch gestures should be proposed for older adults, as it has already been employed for selecting commands and menus[Bailly et al. 2012].

Some familiar gestures have not yet been studied, as handwriting. Although, it has been mentioned and would be useful for pen-based interaction[Hollinworth and Hwang 2011].

Ideally, systems should support single or multi-touch interaction with pen and fingers, according to the choice of the users or their possibilities of use. Users adapt themselves and have different strategies, especially observed for scrolling, panning and zooming. User-defined gestures have not yet been proposed to older users.

More studies need to be done to identify older user's difficulties when executing current gestures of interaction, especially users with low manual dexterity or motor impairments. Interface adaptation and support for interaction should help older users interacting with touchscreen devices.

#### 4.4.2 Output

##### 4.4.2.1 Description

All studies except one provided visual feedback during touchscreen interaction. The only exception is a study about repeating patterns of gestures, where participants received no visual marks of the drawn trajectories to avoid corrective movements during the task [Stöbel et al. 2010].

One study evaluated the effects of providing different visual feedback during a digit entry task: 3 visual effects were applied on soft keys (magnifying, movement, changing color) and this effects were evaluated alone or combined [Tsai and Lee 2009].

Table Table 11synthetizes the kind of feedback provided to the users. Five studies provided audio feedback. three of them played a beep sound when the users misses the target [Moffatt and McGrenere 2007], entry a wrong number [Chung et al. 2010] or to indicate a correct selection [Hwangbo et al. 2013]. One provided audio aids when users selected the icons [Iglesias et al. 2009]. The other played a message when the user accomplished the task (thanking for the participation) [Gonçalves and Ueyama 2012].

Only two studies evaluate the bi-modality visual-tactile feedback or tri-modality visual-audio-tactile feedback for older users [Hwangbo et al. 2013; Lee et al. 2009].

Table 11. Kind of feedback provided on the studies reviewed.

<b>Feedback modality</b>	<b>Number of studies</b>
<b>Visual</b>	All studies provided visual feedback except one [Stößel et al. 2010], 1 study evaluated different modalities of visual feedback [Tsai and Lee 2009]
<b>Visual + Audio</b>	5 studies: Beep sound for errors [Moffatt and McGrenere 2007; Chung et al. 2010; Hwangbo et al. 2013], beep sound for confirmation, a message for accomplishment [Gonçalves and Ueyama 2012] or audio aids [Iglesias et al. 2009]
<b>Visual + Tactile</b>	3 studies: 2 studies evaluated interaction with or without tactile feedback [Lee et al. 2009; Hwangbo et al. 2013]. 1 study had a vibration effect for accomplishment [Gonçalves and Ueyama 2012]
<b>Visual + Audio + Tactile</b>	2 studies investigated tri-modality [Lee et al. 2009; Hwangbo et al. 2013]

#### 4.4.2.2 Discussion

Feedback was used to indicate and prevent errors and help the interaction. Authors reported that visual feedback should be explicit and support the interaction.

Visual feedback would help users to know if the correct target has been touch [Kobayashi et al. 2011]. Magnifying effects on icons or keys for example allows the user to verify the place of touch during the interaction [Tsai and Lee 2009]. An important remark has been made that visual feedback should indicate the current screen mode [Kobayashi et al. 2011; Harada et al. 2013].

Auditory feedback may be a valuable non-visual cue for support gestures of interaction [Leonard et al. 2005]. It has already been proved to improve pointing performances on touchscreen [Hwangbo et al. 2013].

Tactile feedback has been considered distracting for novice older users [Hwangbo et al. 2013] or less effective than audio feedback [Lee et al. 2009], but more studies need to be done in order to evaluate different patterns and vibration intensity according to the sensitivity of the users' skin. Vibration should compensate lack of tactile feedback on flat displays [Umemuro 2004].

Due to the age related changes on sensorial skills, multimodal feedback could provide alternatives and complementary feedback in order to support touchscreen interaction. Only two studies have evaluated the effects of multimodal feedback during target selection and digit input tasks on small screens by older users without disabilities [Hwangbo et al. 2013; Lee et al. 2009]. More studies need to be done to improve multimodal feedback.

## 5. DISCUSSION

Several works concerning HCI of older adults have been done, revealing the importance researchers of different fields of knowledge have been giving to this subject. Between 2000 and 2013, studies about tactile interaction of older adults featured two main situations: the evaluation of the usability of different interaction techniques, for specific tasks or situations of use; or the evaluation of the usability of one interactive system, through user-centered design methods. However, new interaction techniques,

applications and devices are been developed and continuously launched into the market, so more studies have to be done to improve existing techniques and propose new ones. Since 2014, a new set of studies about older adults and tactile interaction emerged. Researchers started to get interested in the variability of this population and the voids of usability, accessibility and ergonomics of the interaction with new technologies. It has been demonstrated that experience of use and cognitive capabilities are more significant than age as predictors of use of technologies [Crabb and Hanson 2014]. Concerning tactile interaction, support techniques for novice older adults have been created and evaluated [Dahn et al. 2014]. Some studies also showed interest in the abilities of older users as producers of interaction and the way they conceive technologies use [Rogers et al. 2014].

However, in order to address the difficulties older users face during interaction with technologies, usability and accessibility of mobile devices need to be improved. The state of the art we presented demonstrates that it is difficult to take into account the heterogeneity of older adults as well as the new situations of use of mobile devices and touchscreen. Even if the existing studies provide important recommendations, older adults' common errors and mistakes should be further investigated in order to provide information for developing adequate solutions.

## 6. CONCLUSION

The accomplishment of the touchscreen interaction depends on several parameters related to skills of the users, their previous experiences and background, as well as the interaction technique that is used, the graphical user interface, the apparatus configuration and the situation of use.

As this review has described, individual characteristics of older users, the variability of devices and multiple situations of use have been taken into account during studies evaluating tactile interaction but further studies need to be done in order to improve existing interaction techniques and also to propose new ones, more adapted to the older user's special needs.

These multiple parameters should be taken into account

- When using existing guidelines. They are valuable and helpful, but they are related to the conditions of the study (population included, devices configuration, executed tasks).
- When making new studies. The evolution of the population characteristics and the new technologies and interaction techniques is a challenge for developers and designers.

Interactive systems should be able to respond to different configurations and support the behavior of the users. The possibility of adapting the gestures of interaction and the graphical user interface to respond to the users' special needs is an advantage of touchscreen devices that has not yet been totally employed on the profit of older users.

New guidelines should facilitate the development of more accessible, ergonomic and user-friendly applications so older people could benefit of touchscreen devices, preventing digital exclusion and improving quality of life for this group of users.

## 7. ACKNOWLEDGEMENT

Phd Scholarship Ciências sem fronteiras, CNPQ, Brazil (#237079/2012-7).

## 8. LIST OF THE 36 STUDIES INCLUDED ON THIS REVIEW

1. APTED, T., KAY, J. AND QUIGLEY, A., 2006. Tabletop sharing of digital photographs for the elderly. CHI'06 (ACM), pp.781–790.
2. CHUNG, M.K., KIM, D., NA, S. AND LEE, D., 2010. Usability evaluation of numeric entry tasks on keypad type and age. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(1), pp.97–105.
3. FINDLATER, L., FROEHLICH, J.E., FATTAL, K., WOBBROCK, J.O. AND DASTYAR, T., 2013. Age-related differences in performance with touchscreens compared to traditional mouse input. CHI'13 (ACM), pp.343–346.
4. GONÇALVES, V.P. AND UEYAMA, J., 2010. Um Estudo sobre o Design , a Implementação e a Avaliação de Interfaces Flexíveis para Idosos em Telefones Celulares. *Simposio Brasileiro de Fatores Humanos*.
5. GUERREIRO, T., NICOLAU, H., JORGE, J. AND GONÇALVES, D., 2010. Towards accessible touch interfaces. *Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS '10*, p.19.
6. HARADA, S., SATO, D., TAKAGI, H. AND ASAKAWA, C., 2013. Characteristics of Elderly User Behavior on Mobile Multi-touch Devices. *INTERACT'13*, pp.323–341.
7. HOLLINWORTH, N. AND HWANG, F., 2011. Investigating familiar interactions to help older adults learn computer applications more easily. *BCS-HCI'11*.
8. HOLZINGER, A., 2003. Finger Instead of Mouse : Touch Screens as a Means of Enhancing Universal Access 3 A Vision : *Computers for Patient Education*. , (July 2002), pp.387–397.
9. HOURCADE, J. AND BERKEL, T., 2006. Tap or touch?: pen-based selection accuracy for the young and old. CHI'06, pp.881–886.
10. HWANGBO, H., YOON, S. AND JIN, B., 2013. A study of pointing performance of elderly users on smartphones. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29(9), pp.1–10.
11. IGLESIAS, R., GOMEZ DE SEGURA, N. AND ITURBURU, M., 2009. The elderly interacting with a digital agenda through an RFID pen and a touch screen. *ACM SIGMM MSIADU '09*, p.63.
12. JASTRZEMBSKI, T., CHARNESS, N., HOLLEY, P. AND FEDDON, J., 2005. Input devices for web browsing: age and hand effects. *Universal Access in the Information Society*, 4(1), pp.39–45.
13. JIN, Z.X., PLOCHER, T. AND KIFF, L., 2007. Touch Screen User Interfaces for Older Adults : *Button*. *UAHCI'07*, pp.933–941.
14. KOBAYASHI, M., HIYAMA, A. AND MIURA, T., 2011. Elderly user evaluation of mobile touchscreen interactions. *INTERACTS (2011)*, pp.83–99.
15. LEE, J., POLIAKOFF, E. AND SPENCE, C., 2009. The effect of multimodal feedback presented via a touch screen on the performance of older adults. *M.E.*

- Altinsoy, U. Jekosch, and S. Brewster (Eds.): HAID 2009, LNCS 5763, pp.128–135.
16. LEITAO, R. AND SILVA, P., 2013. A study of novice older adults and gestural interaction on smartphones. CHI'13 (ACM).
  17. LEONARD, V.K., JACKO, J. A. AND PIZZIMENTI, J.J., 2005. An exploratory investigation of handheld computer interaction for older adults with visual impairments. Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - Assets '05, pp.12–19.
  18. LEPICARD, G. AND VIGOUROUX, N., 2012. Comparison between single-touch and multi-touch interaction for older people. ICCHP'12 Computers Helping People with Special Needs, pp.658–665.
  19. LEPICARD, G. AND VIGOUROUX, N., 2010a. Influence of age and interaction complexity on touch screen Color and position effects on user performance. 12th IEEE International Conference on e-Health Networking Applications and Services (Healthcom), pp.246 – 253.
  20. LEPICARD, G. AND VIGOUROUX, N., 2010b. Touch Screen User Interfaces for Older Subjects Effect of the Targets Number and the Two Hands Use. K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2010, Part II, LNCS 6180, pp.592–599.
  21. MERTENS, A. AND JOCHEMS, N., 2010. Design pattern TRABING: touchscreen-based input technique for people affected by intention tremor. ACM SIGCHI EICS (2010), pp.267–272.
  22. MOFFATT, K. AND MCGRENERE, J., 2007. Slipping and drifting: using older users to uncover pen-based target acquisition difficulties. In Proceedings of the 9th international ACM ASSETS. October 15-17, 2007, Tempe, Arizona, pp. 11–18.
  23. NICOLAU, H. AND JORGE, J., 2012. Elderly text-entry performance on touchscreens. Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS '12, p.127.
  24. NISCHELWITZER, A. AND PINTOFFL, K., 2007. Design and development of a mobile medical application for the management of chronic diseases: methods of improved data input for older people. USAB'07, pp.119–132.
  25. PIPER, A.M., CAMPBELL, R. AND HOLLAN, J.D., 2010. Exploring the accessibility and appeal of surface computing for older adult health care support. Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems - CHI '10, p.907.
  26. PIPER, A.M. AND HOLLAN, J.D., 2011. Supporting medical communication for older patients with a shared touch-screen computer. International Journal of Medical Informatics, 82(11), pp.e242–e250.
  27. ROGERS, W. A, FISK, A.D., MCLAUGHLIN, A.C. AND PAK, R., 2005. Touch a screen or turn a knob: choosing the best device for the job. Human factors, 47(2), pp.271–88.
  28. SCHNEIDER, N., WILKES, J.A., GRANDT, M. AND SCHLICK, C., 2008. Investigation of Input Devices for the Age-differentiated Design of Human-Computer Interaction. In Human factors and Ergonomics Society 52nd annual meeting. pp. 144–148.

29. STÖBEL, C., 2009. Familiarity as a factor in designing finger gestures for elderly users. Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '09, p.1.
30. STÖBEL, C., WANDKE, H. AND BLESSING, L., 2010. Gestural interfaces for elderly users: help or hindrance? GW 2009, pp.269–280.
31. TSAI, W. AND LEE, C., 2009. A study on the icon feedback types of small touch screen for the elderly. Universal Access in Human-Computer Interaction., pp.422–431.
32. UMEMURO, H., 2004. Lowering elderly Japanese users' resistance towards computers by using touchscreen technology. Universal Access in the Information Society, 3(3-4), pp.276–288.
33. VETTER, S., BÜTZLER, J., JOCHEMS, N. AND SCHLICK, C., 2011. Fitts' Law in Bivariate Pointing on Large Touch Screens: Age-Differentiated Analysis of Motion Angle Effects on Movement Times and Error Rates. UAHCI'11, pp.620–628.
34. WACHARAMANOTHAM, C., 2011. Evaluating swabbing: a touchscreen input method for elderly users with tremor. CHI'11, ACM, pp.623–626.
35. WOOD, E., WILLOUGHBY, T., RUSHING, A., BECHTEL, L. AND GILBERT, J., 2005. Use of computer input devices by older adults. Journal of Applied Gerontology, 24(5), pp.419–438.
36. WRIGHT, P., BARTRAM, C., ROGERS, N. AND EMSLIE, H., 2000. Text entry on handheld computers by older users. Ergonomics, 43:6(May 2000), pp.37–41.

## 9. REFERENCES

- AL-RAZGAN, M.S., AL-KHALIFA, H.S., AL-SHAHRANI, M.D. AND ALAJMI, H.H., 2012. Touch-based mobile phone interface guidelines and design recommendations for elderly people: A survey of the literature. In *19th International Conference ICONIP 2012, Part IV, nov. 2012*. pp. 568–574.
- APTED, T., KAY, J. AND QUIGLEY, A., 2006. Tabletop sharing of digital photographs for the elderly. *ACM CHI'06*, pp.781–790.
- BAILLY, G., MÜLLER, J. AND LECOLINET, E., 2012. Design and evaluation of finger-count interaction: Combining multitouch gestures and menus. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(10), pp.673–689.
- CAPRANI, N., O'CONNOR, N. AND GURRIN, C., 2012. Touch screens for the older user. In Fernando A. Auat Cheein, ed. *Assistive Technologies, InTech*.
- CHARNESS, N., HOLLEY, P., FEDDON, J. AND JASTRZEMBSKI, T., 2004. Light pen use and practice minimize age and hand performance differences in pointing tasks. *Human factors and Ergonomics Society*, 46(3), pp.373–84.
- CHUNG, M.K., KIM, D., NA, S. AND LEE, D., 2010. Usability evaluation of numeric entry tasks on keypad type and age. *International Journal of Industrial Ergonomics*,

40(1), pp.97–105.

- COFRE, J.P., MORAGA, G., RUSU, C., MERCADO, I., INOSTROZA, R. AND JIMENEZ, C., 2012. Developing a Touchscreen-based Domotic Tool for Users with Motor Disabilities. *2012 Ninth International Conference on Information Technology - New Generations*, pp.696–701.
- CRABB, M. AND HANSON, V.L., 2014. Age , Technology Usage , and Cognitive Characteristics in Relation to Perceived Disorientation and Reported Website Ease of Use. In *ASSETS'14*. Rochester, NY, USA: ACM, pp. 193–200.
- DAHAN, I., FERDINAND, P. AND LACHMANN, P., 2014. Supporting Senior Citizen Using Tablet Computers. In K. Miesenberger et al., ed. *ICCHP 2014, Part II, LNCS 8548*. Paris, France: Springer, pp. 323–330.
- DICKINSON, A., ARNOTT, J. AND PRIOR, S., 2007. Methods for human – computer interaction research with older people. *Behaviour & Information Technology*, 26:4(May 2013), pp.343–352.
- FINDLATER, L., FROELICH, J., FATTAL, K., WOBROCK, J.O. AND DASTYAR, T., 2013. Age - Related Differences in Performance with Touchscreens Compared to Traditional Mouse Input. In *CHI'13*. pp. 1–4.
- GONÇALVES, V., NERIS, V.P.A. AND UEYAMA, J., 2011. Interação de idosos com celulares: flexibilidade para atender a diversidade. *Proceedings of IHC+CLIHC'2011 – Technical Session on HCI and the elderly*, pp.343–352.
- GONÇALVES, V.P. AND UEYAMA, J., 2012. Um Estudo sobre o Design, a Implementação e a Avaliação de Interfaces Flexíveis para Idosos em Telefones Celulares. *Simposio Brasileiro de Fatores Humanos*.
- GUDUR, R.R., BLACKLER, A., POPOVIC, V. AND MAHAR, D., 2013. Ageing, technology anxiety and intuitive use of complex interfaces. In P. Kotzé et al., ed. *INTERACT 2013, Part III, LNCS 8119*. IFIP, pp. 564–581.
- HANSON, V., 2009. Age and web access: the next generation. In *18th International World Wide Web Conference W4A2009*. April 20-21, 2009, Madrid, Spain, pp. 7–15.
- HARADA, S., SATO, D., TAKAGI, H. AND ASAKAWA, C., 2013. Characteristics of Elderly User Behavior on Mobile Multi-touch Devices. *P. Kotzé et al. (Eds.): INTERACT 2013, Part IV, LNCS 8120*, pp.323–341.
- HOLLINWORTH, N., 2009. Improving computer interaction for older adults. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, (93), pp.11–17.
- HOLLINWORTH, N. AND HWANG, F., 2011. Investigating familiar interactions to help

- older adults learn computer applications more easily. In *BCS-HCI'11*. pp. 473–478.
- HOLZINGER, A., 2003. Finger Instead of Mouse: Touch Screens as a Means of Enhancing Universal Access. In N. Carbonell and C. Stephanidis, ed. *User Interfaces for All, LNCS 2615*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 387–397.
- HOURLADE, J.P. AND BERKEL, T., 2006. Tap or touch?: pen-based selection accuracy for the young and old. *ACM CHI'06*, pp.881–886.
- HWANGBO, H., YOON, S.H., JIN, B.S., HAN, Y.S. AND JI, Y.G., 2013. A Study of Pointing Performance of Elderly Users on Smartphones. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29(9), pp.604–618.
- IGLESIAS, R., GOMEZ DE SEGURA, N. AND ITURBURU, M., 2009. The elderly interacting with a digital agenda through an RFID pen and a touch screen. *ACM SIGMM i MSIADU '09*, p.63.
- ISSELSTEIJN, W., NAP, H.H., DE KORT, Y. AND POELS, K., 2007. Digital game design for elderly users. *Proceedings of the 2007 conference on Future Play - Future Play '07, 15-17 novembre 2007, Toronto, Canada.*, pp.17–22.
- JASTRZEMBSKI, T., CHARNESS, N., HOLLEY, P. AND FEDDON, J., 2005. Input devices for web browsing: age and hand effects. *Universal Access in the Information Society*, 4(1), pp.39–45.
- JIN, Z.X., PLOCHER, T. AND KIFF, L., 2007. Touch Screen User Interfaces for Older Adults: Button Size and Spacing. C. Stephanidis (Ed.): *Universal Access in HCI, Part I, HCII 2007, LNCS 4554*, pp.933–941.
- KOBAYASHI, M., HIYAMA, A. AND MIURA, T., 2011. Elderly user evaluation of mobile touchscreen interactions. In P. Campos et al., ed. *INTERACT 2011, Part I, LNCS 6946*. pp. 83–99.
- KURNIWAN, S. AND ZAPHIRIS, P., 2005. Research-derived web design guidelines for older people. In *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - Assets '05*. New York, New York, USA: ACM Press, p. 129.
- LEE, J., POLIAKOFF, E. AND SPENCE, C., 2009. The effect of multimodal feedback presented via a touch screen on the performance of older adults. M.E. Altinsoy, U. Jekosch, and S. Brewster (Eds.): *HAID 2009, LNCS 5763*, pp.128–135.
- LEITAO, R. AND SILVA, P., 2013. A study of novice older adults and gestural interaction on smartphones. *MOBACC ACM CHI'13*.
- LEONARD, V.K., JACKO, J. A. AND PIZZIMENTI, J.J., 2005. An exploratory investigation

- of handheld computer interaction for older adults with visual impairments. *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS'05*, pp.12–19.
- LEONARDI, C., ALBERTINI, A., PIANESI, F. AND ZANCANARO, M., 2010. An exploratory study of a touch-based gestural interface for elderly. In *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Extending Boundaries - NordiCHI '10*. New York, New York, USA: ACM Press, p. 845.
- LEPICARD, G. AND VIGOUROUX, N., 2012. Comparison between single-touch and multi-touch interaction for older people. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. pp. 658–665.
- LEPICARD, G. AND VIGOUROUX, N., 2010a. Influence of age and interaction complexity on touch screen Color and position effects on user performance. *12th IEEE International Conference on e-Health Networking Applications and Services (Healthcom)*, pp.246 – 253.
- LEPICARD, G. AND VIGOUROUX, N., 2010b. Touch Screen User Interfaces for Older Subjects Effect of the Targets Number and the Two Hands Use. *K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2010, Part II, LNCS 6180*, pp.592–599.
- LOUREIRO, B. AND RODRIGUES, R., 2014. Design Guidelines and Design Recommendations of Multi-Touch Interfaces for Elders. In *ACHI 2014: The Seventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*. pp. 41–47.
- MERTENS, A. AND JOCHEMS, N., 2010. Design pattern TRABING: touchscreen-based input technique for people affected by intention tremor. *Proceedings of the 2nd ...*, pp.267–272.
- MOFFATT, K. AND MCGRENERE, J., 2007. Slipping and drifting: using older users to uncover pen-based target acquisition difficulties. In *Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS'07*. October 15-17, 2007, Tempe, Arizona, pp. 11–18.
- MOTTI, L.G., VIGOUROUX, N. AND GORCE, P., 2014. Design of a social game for older users using touchscreen devices and observations from an exploratory study. In C. Stephanidis and M. Antona, ed. *UAHCI, HCII 2014, Part III 8*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 69–78.
- NICOLAU, H. AND JORGE, J., 2012. Elderly text-entry performance on touchscreens. *Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS '12*, p.127.

- NIGAY, L. AND COUTAZ, J., 1996. Espaces conceptuels pour multimédia et multimodale l'interaction. *Techniques et sciences informatiques, spécial Multimédia et Collecticiel, AFCET & Hermes Publ. 15(9)*, pp.1195–1225.
- NISCHELWITZER, A. AND PINTOFFL, K., 2007. Design and development of a mobile medical application for the management of chronic diseases: methods of improved data input for older people. A. Holzinger (Ed.): *USAB 2007, LNCS 4799*, pp.119–132.
- PEDERSEN, E.W. AND HORNBAEK, K., 2012. An experimental comparison of touch interaction on vertical and horizontal surfaces. *Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Making Sense Through Design - NordiCHI '12*, p.370.
- PIPER, A.M., CAMPBELL, R. AND HOLLAN, J.D., 2010. Exploring the accessibility and appeal of surface computing for older adult health care support. *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems - ACM CHI '10*, pp.907–916.
- PIPER, A.M. AND HOLLAN, J.D., 2013. Supporting medical communication for older patients with a shared touch-screen computer. *International journal of medical informatics*, 82(11), pp.e242–50.
- RAU, P. AND HSU, J.H., 2005. Interaction devices and web design for novice older users. *Educational Gerontology*, 31, pp.19–40.
- ROGERS, W. A, FISK, A.D., MCLAUGHLIN, A.C. AND PAK, R., 2005. Touch a screen or turn a knob: choosing the best device for the job. *Human factors and Ergonomics Society*, 47(2), pp.271–88.
- ROGERS, Y., PAAY, J., BRERETON, M., VAISUTIS, K., MARSDEN, G. AND VETERE, F., 2014. Never Too Old : Engaging Retired People Inventing the Future with MaKey MaKey. , pp.3913–3922.
- SCHNEIDER, N., WILKES, JA., GRANDT, M. AND SCHLICK, C., 2008. Investigation of Input Devices for the Age-differentiated Design of Human-Computer Interaction. In *Human factors and Ergonomics Society 52nd annual meeting*. pp. 144–148.
- SEARS, A. AND HANSON, V.L., 2011. Representing users in accessibility research. In *Proceedings of ACM CHI'11*. Vancouver, BC, Canada: ACM Press, pp. 2235–2238.
- SMITH, M., SHARIT, J. AND CZAJA, S., 1999. Aging, motor control, and the performance of computer mouse tasks. *Human Factors*, 41(3), pp.389–396.
- STÖBEL, C., 2009. Familiarity as a factor in designing finger gestures for elderly users.

*Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '09*, p.1.

- STÖBEL, C., WANDKE, H. AND BLESSING, L., 2010. Gestural interfaces for elderly users: help or hindrance? In S. Kopp and I. Wachsmuth, ed. *8th International Gesture Workshop, GW 2009, LNAI 5934*. Bielefeld, Germany, pp. 269–280.
- TAVEIRA, A.D. AND CHOI, S.D., 2009. Review Study of Computer Input Devices and Older Users. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(5), pp.455–474.
- TSAI, W. AND LEE, C., 2009. A study on the icon feedback types of small touch screen for the elderly. *Universal Access in Human-Computer Interaction.*, pp.422–431.
- UMEMURO, H., 2004. Lowering elderly Japanese users? resistance towards computers by using touchscreen technology. *Universal Access in the Information Society*, 3(3-4), pp.276–288.
- VELLA, F., VIGOUROUX, N. AND RUMEAU, P., 2011. Investigating drag and drop techniques for older people with cognitive impairment. In J. A. Jacko, ed. *Human Computer Interaction, Part IV, HCII 2011, LNCS 6764*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 530–538.
- VETTER, S., BÜTZLER, J., JOCHEMS, N. AND SCHLICK, C., 2011. Fitts' Law in Bivariate Pointing on Large Touch Screens: Age-Differentiated Analysis of Motion Angle Effects on Movement Times and Error Rates. C. Stephanidis (Ed.): *Universal Access in HCI, Part II, HCII 2011, LNCS 6766*, pp.620–628.
- VIGOUROUX, N., RUMEAU, P., VELLA, F. AND VELLAS, B., 2009. Studying Point-Select-Drag Interaction Techniques for Older People with Cognitive Impairment. In C. Stephanidis, ed. *UAHCI, Part I, HCII 2009, LNCS 5614*. pp. 422–428.
- WACHARAMANOTHAM, C., 2011. Evaluating swabbing: a touchscreen input method for elderly users with tremor. *Proceedings of ACM CHI'11*, pp.623–626.
- WAGNER, J., HUOT, S. AND MACKAY, W., 2012. Bitouch and bipad: Designing bimanual interaction for hand-held tablets. *CHI'12 (ACM)*, 2012(May).
- WÖCKL, B., YILDIZOGLU, U. AND BUBER, I., 2012. Basic senior personas: a representative design tool covering the spectrum of European older adults. *ASSETS'12*, In *Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (ASSETS '12)*. ACM, New York, NY, USA, October 22-24, Boulder, Colorado, USA., pp.25–32.
- WOOD, E., WILLOUGHBY, T., RUSHING, A., BECHTEL, L. AND GILBERT, J., 2005. Use of computer input devices by older adults. *Journal of Applied Gerontology*, 24(5),

pp.419–438.

WRIGHT, P., BARTRAM, C., ROGERS, N. AND EMSLIE, H., 2000. Text entry on handheld computers by older users. *Ergonomics*, 43:6(May 2013), pp.37–41.



**Lilian Genaro Motti** est étudiante en doctorat à l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse. Le sujet de sa thèse porte sur les interactions des personnes âgées avec les écrans tactiles. Précédemment, elle a travaillé quatre ans en tant qu'animatrice multimédia à l'espace multimédia de la Ville de Meudon, où elle a initié des personnes âgées à l'usage de l'ordinateur et d'internet. Le cœur de ses travaux porte sur le développement de systèmes interactifs afin de mieux comprendre et répondre aux besoins des utilisateurs âgés.



**Nadine Vigouroux** est chargée de recherche à l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse. La thématique principale de ses activités relève de l'interaction homme-machine et plus particulièrement les méthodes, les modèles et les outils pour l'étude de communication/interaction dégradée – que celle-ci soit induite par l'utilisateur et/ou l'environnement – en vue de la spécification d'outils de suppléance ou des stratégies palliatives au service des personnes handicapées et âgées.



**Philippe Gorce** est le directeur du laboratoire HandiBio à l'Université du Sud Toulon Var, spécialisé dans la bio-modélisation et l'ingénierie du handicap. Il travaille actuellement sur la compensation des mouvements altérés, plus spécialement sur le handicap moteur.