

Actes Complémentaires

Table des Matières

ATELIERS ET GROUPES DE TRAVAIL (RESUMES)

- 1 Interagir Avec Des Représentations Formelles
Alain Giboin, Yannick Prié
- 1 Usability and Educational Technology
Sylvie Girard, Roger NKambou
- 2 IHM, développement durable et technologies persuasives
Christian Bastien, Gaëlle Calvary
- 2 Interaction Tangible
Nadine Couture, Guillaume Rivière
- 2 Réseau de plate-formes d'usage
Jean Caelen, Francis Jambon
- 2 Visualisation d'information, interaction et fouille de données
David Auber, Monique Noirhomme, Gilles Venturini

COMMUNICATIONS INFORMELLES

- 3 Problèmes soulevés par la capture et la représentation des émotions pour les systèmes de communication immersifs
Arnaud Gonguet, Florentin Rodio

COURS

- 7 IHM & informatique affective, ou comment capturer les émotions des utilisateurs
Alexis Clay
- 9 IHM & Modélisation de Systèmes Mixtes
Emmanuel Dubois et Christophe Bortolaso
- 13 IHM & évaluation ergonomique : une approche pragmatique des statistiques
Marion Wolff

DEMONSTRATION

- 17 Cubix: A Visual Analytics Tool for Formal Concept Analysis
Cassio Melo, Anastasia Bezerianos, Bénédicte Le-Grand, Marie-Aude Aufaure
- 21 Le Joker : vers une diminution du nombre de changements de pages dans KeyGliss
Nathan Godard, Benoît Martin, Guillaume Kuhler, Mamode Nassire
- 25 Interaction sur Dispositifs Mobiles : glisser-déposer devant/derrière bi-manuel
Quentin Sauret, Jérémie Francone, Laurence Nigay

RENCONTRES DOCTORALES

- 29 Interfaces Adaptatives pour des Contextes Hautement Collaboratifs et Mobiles
Thomas Altenburger
- 33 Comprendre et assister la genèse des instruments intellectuels numériques
Amaury Belin
- 37 Composition multifacette d'applications : cas appliqué à travers la manipulation des éléments des IHM
Brel Christian
- 41 Conception et évaluation de nouvelles techniques d'interaction pour la télévision interactive
Dong-Bach Vo
- 45 Comprendre l'expérience utilisateur pour faciliter son intégration dans les systèmes interactifs
Carine Lallemand
- 49 Nouvelles techniques d'interaction pour les dispositifs miniaturisés de l'informatique mobile
Simon T. Perrault
- 53 Assistance Proactive Mutuelle
Hajer Sassi

RESULTATS DE L'ATELIER INTERAGIR AVEC DES REPRESENTATIONS FORMELLES

- 57 Interagir avec des représentations formelles
Alain Giboin, Yannick Prié
- 59 From informal to formal knowledge representation using QAF triad
Eugeniu Costetchi, Eric Ras
- 63 Modèles interactifs de cartes pour l'aide à la prise de décision
Aymeric Le Dorze, Laurent Garcia, David Genest, Stéphane Loiseau
- 67 Géomodélisation et Informatique : Formalisation des représentations et représentation des formalismes
Michel Perrin, Jean-François Rainaud, Laura S. Mastella

RESULTATS DE L'ATELIER USABILITY AND EDUCATIONAL TECHNOLOGY

- 73 UED-2011, Workshop on Usability in Education "impact on study results"
Sylvie Girard, Roger Nkambou
- 77 Case studies illustrations of experimental settings issues in classrooms
Sylvie Girard
- 81 L'utilisabilité d'un environnement d'apprentissage peut-elle être améliorée par la prise en compte des mesures oculométriques et physiologiques pour la rétroaction du système ?
Fethi Guerdelli, Roger Nkambou, Aude Dufresne
- 87 Preliminary Results of a Usability Study in the Domain of Technology-Based Assessment Using a Tangible Tabletop
Eric Ras, Valérie Maquil
- 93 Usability in adaptive educational systems
Olga C. Santos, Jesus G. Boticario

Description des ateliers IMH'11 et groupes de travail AFIHM

Atelier “Interagir Avec Des Représentations Formelles”

Alain Giboin, Yannick Prié

L'atelier « Interagir avec des représentations formelles » est motivé par une question importante que l'on rencontre en Ingénierie des Connaissances (IC), celle de la manipulation d'« ontologies » informatiques par différentes catégories d'acteurs humains peu ou pas familiers avec ce type de représentations formelles :

- experts du domaine (biologistes, juristes, etc.) ;
- ingénieurs de la connaissance (ou « ontologues ») débutants ;
- utilisateurs d'applications à base d'ontologies.

Ces différents acteurs sont amenés à interagir avec les ontologies à différents moments, principalement lors de la construction de ces ontologies (construction à partir de rien ou à partir de représentations informelles) et lors de leur utilisation (exploration). La question se pose alors de la « convivialité » (user-friendliness) de cette interaction.

Les ontologies sont en effet des « spécifications formelles, explicites, d'une conceptualisation partagée d'un domaine » : les concepts et relations qui les constituent sont décrits dans un langage formel (OWL par exemple) interprétable par la machine. Cette formalisation présente l'avantage de permettre à la machine d'effectuer des raisonnements (inférences) sur les concepts et relations constitutives des ontologies. Cette formalisation présente cependant l'inconvénient de rendre les ontologies difficilement compréhensibles, voire incompréhensibles, par les experts du domaine et les utilisateurs. Ces derniers préfèrent le plus souvent explorer ou construire des représentations plus « conviviales » pour eux : représentations moins formelles (ensemble de tags ou « folksonomies ») ou « informelles » (textes en langue naturelle). Or ces représentations informelles sont elles-mêmes difficilement interprétables voire ininterprétables par la machine. D'où la nécessité pour les experts et les utilisateurs de passer à un moment ou à un autre par des représentations formelles et d'interagir donc avec ces représentations. D'où la question : comment rendre conviviale l'interaction avec des représentations formelles ?

De façon plus générale, la question de l'interaction avec des représentations formelles ne se limite pas aux ontologies, et diverses communautés (IHM, CSCW, Web de données, etc.) ont proposé différentes approches pour faciliter cette interaction, comme la « formalisation incrémentale », l'« équilibrage formel/informel » ou la « semi-formalisation ».

L'objectif principal de l'atelier « Interagir avec des représentations formelles » est de rassembler des spécialistes des différentes communautés travaillant directement ou indirectement sur la thématique de l'interaction avec des représentations formelles (exploration / construction) afin de leur permettre d'échanger sur les questions relatives à l'interaction avec ce type de représentations. L'atelier a également pour objectif de mettre en évidence les collaborations qui existent déjà entre spécialistes de différentes communautés et d'en encourager de nouvelles.

Atelier “Usability and Educational Technology”

Sylvie Girard, Roger NKambou

Usability has always been a critical issue for any computer application, but especially with regards to software created for use in experimental studies for better learning. One major research question is raised: Usability problems that frustrate or confuse the target user can jeopardize the effectiveness of an AIED application. What usability issues arise in AIED, and how can they be addressed?

The workshop will aim at giving more insight on different aspects of usability:

- Usability applicable for different technologies: desktop, web-based, ubiquitous, tangible, android. Usability for all applications, or specific issues for each type of educational application.
- Different technology used in the software: agents, sound, affect, user-modelling, virtual/mixed reality. What usability challenges bring the use of different technologies for learning?
- How can an interdisciplinary team work together to produce software design methods that include usability principles? Designing for all: issues of specific user groups (children, elderly, handicap), and personalisation.
- Different types of learning theories implemented, and their impact on software development and usability: constructivism, discovery learning, serious games, etc...

GT AFIHM “IHM, développement durable et technologies persuasives”

Christian Bastien, Gaëlle Calvary

Le développement durable est une préoccupation sociétale émergente. La communauté IHM est concernée, mais pas encore identifiée et structurée en France sur ce sujet. Notre motivation est de rassembler, fédérer et développer les travaux en interaction homme-machine dans le domaine du développement durable en couvrant les différentes disciplines concernées (informatique, psychologie, ergonomie, génie électrique, économie, etc.). En effet, inventer des systèmes interactifs qui induisent des comportements durables nécessite d'intégrer, à la conception, des connaissances spécifiques pluridisciplinaires, issues notamment de la psychologie de l'apprentissage et de la psychologie sociale.

GT AFIHM “Interaction Tangible”

Nadine Couture, Guillaume Rivière

Le but du groupe de travail est de fédérer, principalement la communauté francophone d'Interaction Homme-Machine, mais aussi celle du design d'interaction, autour de l'axe de recherche “Interaction Tangible”. L'enjeu est que la communauté francophone (voire européenne) s'approprie une thématique restée jusque-là principalement américaine pour accroître la présence et l'influence de la communauté francophone sur la scène internationale dans ce thème.

Nous espérons, par la création de ce Groupe de Travail, motiver des chercheurs et praticiens de différentes institutions et consolider la reconnaissance d'une thématique de recherche en pleine émergence. En effet, il est nécessaire de faire mûrir cette thématique en partageant les expériences, les bonnes pratiques et les réseaux nationaux et internationaux.

GT AFIHM “Réseau de plate-formes d'usage: des lab d'utilisabilité aux living/fab labs et réseaux sociaux de co-design ”

Jean Caelen, Francis Jambon

Le thème living/fab Lab est un concept prometteur et peut s'insérer une organisation européenne : <http://www.openlivinglabs.eu/>. C'est un « cluster » d'innovation centré sur les usages comprenant (a) des Laboratoires d'usages, (b) des Utilisateurs en « live » ou association d'usagers, (c) un Cluster d'industriels et d'institutions publiques, dans une dynamique sociale et économique, autour d'une organisation et d'un « territoire » pour créer un écosystème technologique

Les objectifs du groupe de travail sont de :

- Réunir un ensemble de partenaires académiques et industriels voire des associations d'usagers au tour d'un écosystème de Living Lab "usage des IHM"
- Echanger des méthodes et pratiques de conception
- Echanger de méthodes et pratiques en évaluation
- Proposer un périmètre et une organisation possible pour un Living Lab "usage des IHM" en France

GT AFIHM “Visualisation d'information, interaction et fouille de données”

David Auber, Monique Noirhomme, Gilles Venturini

Il existe au niveau national et francophone une communauté de chercheurs impliqués dans des recherches complémentaires autour de thèmes liés notamment :

- à la visualisation d'information et à l'extraction visuelle et interactive d'information,
- à la fouille visuelle de données et plus généralement à l'interface entre outils de fouille de données/experts du domaine (ou plus généralement entre données/utilisateurs ou connaissances/utilisateurs).

Deux conférences actives et sélectives (IHM et EGC) permettent à ces chercheurs de se retrouver dans chaque communauté depuis de nombreuses années. Cependant, il n'existe pas vraiment d'occasions spécifiques et conjointes pour amener tous ces chercheurs à se rencontrer régulièrement. C'est la principale motivation pour la création de ce groupe de travail.

Problèmes soulevés par la capture et la représentation des émotions pour les systèmes de communication immersifs

Arnaud Gonguet
Alcatel-Lucent Bell Labs
Route de Villejust
91620 Nozay - France
+33 130772763

arnaud.gonguet@alcatel-
lucent.com

Florentin Rodio
Alcatel-Lucent Bell Labs
Route de Villejust
91620 Nozay – France
+33 130776849

florentin.rodio@alcatel-
lucent.com

RESUME

Dans le cadre de recherches concernant les systèmes de communication immersifs, la possibilité d'appréhender et de retranscrire les émotions des utilisateurs apparaît naturelle aux concepteurs. Ainsi, plusieurs projets d'applications de communications immersives utilisant ce principe se sont développés aux Bell Labs, laboratoire de recherche d'Alcatel-Lucent. Cependant, des évaluations en amont de ces projets montrent que ce qui semble évident aux concepteurs ne l'est pas du point de vue des utilisateurs. Cet article présente les contraintes auxquelles sont soumis les concepteurs, et discute des raisons pour lesquelles les utilisateurs ne perçoivent pas de la manière attendue les émotions retranscrites. Des pistes de recherche pour surmonter ces problèmes sont proposées.

Mots clés

Communication immersive, émotions, présence sociale, interfaces homme-machine.

ABSTRACT

In the context of research about immersive communication systems, capturing and transmitting emotions is appealing for application designers. Several immersive communication applications research projects are conducted in Alcatel-Lucent's Bell-Labs. However, some early evaluations of these researches show that what is obvious to designers may not be understood from the user's point of view. This paper presents the constraints that designers are facing, and discusses the reasons why the users may not understand the emotion information correctly. Some research tracks are proposed to overcome those difficulties.

Companion Proceedings of *IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine*, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

Categories and Subject Descriptors

J.4 Social and Behavioral Sciences. H5.2 User Interface.

General Terms

Measurement, Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Immersive communications, emotions, social presence, human computer interface.

1. INTRODUCTION

La vision annoncée des systèmes de communication immersifs est de permettre des interactions naturelles entre les personnes, objets et environnements, quels que soient leurs éloignements physiques [1]. Parmi ces systèmes, certains tentent d'améliorer le sentiment de proximité entre correspondants, afin de s'approcher d'une situation réelle de « face à face ». De ce fait, nous parlons de système facilitant l'immersion sociale et contribuant au sentiment de « co-présence » [2]. Dans le cadre de ces recherches, la possibilité d'appréhender puis de retranscrire les émotions des utilisateurs apparaît naturelle aux concepteurs. En effet, en tant que composante non-verbale de la communication, leur incorporation permettrait une meilleure compréhension des messages et augmenterait le sentiment de présence sociale [3], en comparaison aux systèmes classiques de communication.

Néanmoins, les limitations actuelles des réseaux de communication ne permettent pas d'envisager la restitution réaliste des expressions des visages et des postures corporelles qui serait nécessaire dans de tels systèmes. De plus, l'accroissement de la charge d'information en situation de collaboration, implique le développement de systèmes permettant un support intelligent des échanges, en organisant et en synthétisant ces informations. Ainsi, plusieurs projets d'applications de communications immersives, permettant d'appréhender puis de retranscrire les émotions des utilisateurs, se sont développés aux Bell Labs, laboratoire de recherche d'Alcatel-Lucent. Cependant, des évaluations en amont de ces projets nous montrent que ce qui semble évident aux concepteurs ne le serait pas du point de vue des utilisateurs. Incompréhension en la finalité du système proposé, méfiance envers la pertinence des résultats et rejet du

principe même du système ont été observés. D'où vient cette distorsion entre désirs des concepteurs et perceptions des utilisateurs ?

Nous aborderons cette question en décrivant d'abord quelques techniques permettant d'appréhender la question de la capture et de la transmission des émotions. Ensuite, nous discuterons des résultats d'évaluation de deux projets de recherche abordant ce sujet. Puis nous aborderons la finalité de ces systèmes et l'écart entre ce que les concepteurs entendent réellement transmettre et les besoins des utilisateurs. Nous discuterons alors de la façon dont les systèmes que nous avons testés représentent les émotions, et des difficultés posées par cette représentation. Nous concluons en listant les problèmes de recherche à résoudre pour une adoption par les utilisateurs, en nous posant également la question de l'acceptabilité sociale de tels systèmes.

2. LA MESURE DES EMOTIONS

La mesure et l'interprétation des émotions sont étudiées directement dans les approches ergonomiques d'évaluation des systèmes interactifs [4]. Elles sont obtenues en général par une classification catégorielle et discrète des émotions [5], dérivées habituellement des expressions du visage. Elles peuvent également se faire à partir d'une approche multidimensionnelle et continue des émotions [6], obtenue par exemple par l'analyse des signaux physiologiques de l'utilisateur. De manière moins courante, elles sont également traitées dans les approches d'analyse automatique du discours, en traitant sémantiquement un corpus textuel donné [7] [8] [9]. Enfin, ces mesures peuvent être directes, tel que les mesures physiologiques ; ou indirectes, comme dans le cas d'un questionnaire d'auto-évaluation SAM [10]. Néanmoins, nombre de ces approches semblent difficile à opérationnaliser par les concepteurs, à cause de leurs caractères intrusifs ou incompatibles avec un traitement en temps-réel. Nous nous bornerons donc à décrire les approches effectivement considérées comme applicables par les concepteurs de systèmes de communication immersifs, tel que celles intéressant les « Smart Meeting Systems » [11]. Nous en développerons deux : l'analyse vidéo des expressions faciales et l'analyse sémantique du discours.

La généralisation de la présence de webcam permet aux concepteurs de tenir pour réalisable l'analyse vidéo des expressions faciales afin de caractériser les états émotionnels des utilisateurs. Cette approche, supporté massivement par l'approche catégorielle des émotions d'Ekman [5], pose un certain nombre de contraintes opérationnelles, comme les conditions d'éclairage, le positionnement, et le temps de calcul, mais possède l'avantage d'être testée dans un certain nombre de travaux [12]. Elle pourrait enfin être améliorée par la prise en compte des expressions corporelles [13], à la condition supplémentaire de disposer d'une webcam avec un champ suffisant. L'évaluation des émotions par analyse du discours oral se fonde sur l'analyse sémantique de la composition et des sentiments, et nécessite d'abord de transcrire automatiquement le son en texte écrit. Le discours écrit fait l'économie de cette étape délicate. La limitation actuelle de cette méthode est qu'elle nécessite un corpus important de discours pour être concluante.

Ces deux méthodes d'analyse des émotions ont été étudiées en amont de deux projets propres aux Bell Labs. Les réflexions proposées dans cet article résultent d'une analyse des maquettes issues de ces projets, et utilisées ici à titre de cas d'étude.

3. CAS D'ETUDES

3.1 « One Million Conversations »

La première maquette, nommée « One Million Conversations », a pour but de fournir aux utilisateurs une vision synthétique de leurs fils de conversations par courrier électronique. A partir d'une analyse sémantique des échanges, le sens général de la discussion est représenté graphiquement. Parmi les éléments représentés, l'état émotionnel des participants à la discussion est représenté au moyen de « smileys », à l'intérieur des cercles propre à chaque participant. De plus, le degré d'accord entre participants sur la discussion est représenté au moyen d'une distance variable entre les cercles (voir Figure 1).

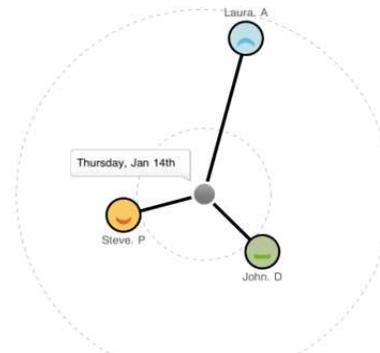


Figure 1 : Représentation des participants à la conversation dans l'interface de « One Million Conversations ».

Une évaluation formative d'une heure environ a été réalisée auprès de huit participants. Les participants ont été sélectionnés aux Bell Labs pour leur habitude à gérer des fils de conversations complexes par courrier électronique. Cette évaluation se composait d'une exploration libre et commentée de la maquette, sans aucune explication préalable, puis d'un entretien directif après que des explications aient été données. Le dépouillement des données nous a permis de prendre conscience des problèmes suivants :

- Quatre participants ont pensé à tort que le « smiley » et la distance entre cercles étaient liés, et donc que les « smileys » représentaient un état de satisfaction en rapport avec l'accord au sujet discuté ;
- Quatre participants ont trouvé que les « smileys » affichés ne correspondaient pas aux émotions des intervenants ;
- Trois participants ont dit ne pas avoir besoin de l'information sur l'état émotionnel des intervenants pour comprendre le contexte de la conversation ;
- Enfin, trois participants ont émis des doutes quant à la faisabilité et à la fiabilité d'un produit analysant et retranscrivant des états émotionnels.

Ainsi, cette étude nous a permis de mettre en évidence des problèmes d'interprétation, d'utilité perçue, et de manque de confiance liés à l'extraction et à la représentation des émotions dans la maquette.

3.2 « SlideWorld »

La deuxième maquette, nommée « SlideWorld », a pour but d'améliorer l'expérience utilisateur des activités de téléconférence avec présentation de transparents. Les acteurs ciblés sont autant les présentateurs que l'audience distante assistant depuis un ordinateur à la présentation. Dans le cas présent, cette maquette représente les auditeurs distants au moyen de carrés munis de « smileys » correspondant à leurs états respectifs d'attention. Cet

état pourra être déduit d'une analyse des expressions faciales obtenues par webcam, mais aussi également de l'analyse de leur activité (frappe de touches, utilisation d'autres logiciels) ou de questions posées par canal écrit aux autres auditeurs (voir Figure 2).

Une évaluation formative de cette maquette, de trois quart d'heure environ, a été réalisée auprès de sept participants sélectionnés aux Bell Labs pour leur habitude de présenter des transparents en téléconférence. L'évaluation était composée d'une présentation de la maquette, et était suivie d'un entretien directif. Elle nous a appris les faits suivant :

- Les « smileys » ont été compris comme des états de vigilance (deux participants), comme une humeur (un participant), comme un degré d'intérêt (deux participants) ou encore comme un embellissement de l'interface (deux participants) ;
- Deux participants ont émis des doutes quant à la capacité d'une application à restituer fidèlement l'état d'attention d'un auditeur ;
- Cinq participants ont déclaré baser leurs impressions sur l'attitude des auditeurs à partir de leurs simples présences ; Néanmoins, quatre participants ont déclaré comme utile la connaissance de l'intérêt des auditeurs ;
- Enfin, deux participants trouvent désagréable que leurs états d'humeurs et leurs assiduités soient prélevés à leur insu.

Ainsi, cette étude nous a permis de mettre en évidence la grande divergence d'interprétation des smileys, des doutes sur la capacité réelle d'un tel système, et le besoin d'autres types d'indices que ceux proposés.

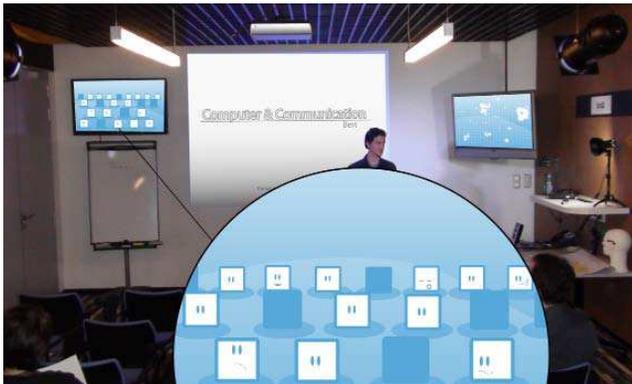


Figure 2: Représentation des auditeurs distants dans l'interface de « SlideWorld ».

3.3 Synthèse des résultats

En s'appuyant sur l'évaluation de ces deux projets, nous retenons la grande difficulté des concepteurs à rendre intelligible les différents états émotionnels représentés, interprétés de diverses manières par les utilisateurs. Nous retenons aussi que les utilisateurs trouvent plus d'utilité dans l'usage d'informations dérivées des états émotionnels, tel que le degré d'intérêt ou d'accord, que des états émotionnels eux-mêmes. Nous retenons enfin le scepticisme des utilisateurs à propos de la capacité d'une application à restituer fidèlement des états émotionnels, voire même une hostilité à l'idée qu'une application puisse s'introduire sur ce terrain.

4. DISCUSSION

4.1 Idiosyncrasies et besoins utilisateurs

Les techniques existantes d'analyse des émotions, bien qu'insatisfaisantes dans leur précision ou dans leur facilité de mise en œuvre, ouvrent des perspectives intéressantes. Celles-ci permettent aux concepteurs de considérer comme faisable la détection et des émotions afin de développer des systèmes de communication immersifs. Ce lien entre communication immersive et restitution des émotions est essentiellement intuitif. Les concepteurs, de part leur expérience passée sur les systèmes existants de visioconférence, perçoivent comme une promesse non tenue le fait de pouvoir voir leurs correspondants, mais sans toutefois percevoir assez distinctement leurs visages, à cause d'une image trop petite, des visages mal éclairés ou mal cadrés... Loin de la situation de face à face, l'insuffisance technique des systèmes de visioconférence cristallise le raisonnement des concepteurs vers la restitution de ce que nous apprend le visage ou la posture corporelle de nos interlocuteurs. Si en face à face nous pouvons « lire » leurs émotions, et si nous ne pouvons pas permettre cette même « lecture » via l'application, faute de technologie adaptée, alors il suffit de mesurer les émotions du côté de nos interlocuteurs et de les transmettre de l'autre côté de l'application. Mais cela peut-il s'accorder au point de vue des utilisateurs réels du système ?

Dans le cas de « One Million Conversations », les états émotionnels des participants, supposément déduits d'une analyse de leur expression écrite, ont pu être interprétés comme un état de satisfaction. Dans le cas de « SlideWorld », l'information d'attention déduite de l'expression faciale et de l'analyse de l'activité du sujet a été interprétée comme un état de vigilance, une humeur, une marque d'intérêt ou encore un embellissement de l'interface. Ainsi, l'information transmise par le concepteur, loin d'être ignorée, est couramment interprétée au gré des utilisateurs. Ce décalage entre l'intention des concepteurs et la perception des utilisateurs peut être discuté sous l'angle de l'affordance des représentations, dont nous référons références dans la partie suivante. Néanmoins, nos évaluations permettent aussi une interprétation liée aux besoins des utilisateurs.

En effet, les participants, priés de nous indiquer leurs habitudes en rapport avec les maquettes proposées, ont fait ressortir la grande variété des usages des applications de visioconférence ou de messagerie électronique. Une visioconférence prévue pour présenter des résultats à une personne importante implique de s'assurer avant tout de la présence de cette personne, une présentation pour présenter une stratégie nécessite de s'assurer de la compréhension des auditeurs, ou encore l'organisation d'une réunion nécessite d'obtenir les disponibilités des uns et des autres, indépendamment de leur humeur du moment. De ce point de vue, les utilisateurs interprètent donc l'information présentée selon leurs besoins propres. A cela, plusieurs causes peuvent être imputées : impréparation des utilisateurs liée à la nouveauté du concept ; mauvaise analyse des besoins réels des utilisateurs ; abstraction trop grande de l'information transmise empêchant de s'en approprier le sens. Nous favorisons de notre côté cette dernière explication.

En effet, l'idée initiale des concepteurs est de transmettre les émotions pour permettre à chacun d'en faire l'usage qu'il en ferait naturellement par la « lecture » du visage de ses interlocuteurs. Mais une fois cette « lecture » opérée par le système et transformée en une information abstraite, quel degré de liberté

reste-t-il aux utilisateurs pour interpréter l'information ? L'idiosyncrasie est ici contrariée, ne permettant pas aux utilisateurs d'interpréter l'information selon leurs besoins.

4.2 Niveau d'abstraction des représentations

La question du niveau d'abstraction des représentations des états émotionnels doit naturellement être posée. Dans les exemples étudiés, une représentation schématique basée sur des « smileys » avait été utilisée. Plus particulièrement une représentation à trois états (pas content, neutre, content) a été utilisée dans le cas de « One Million Conversations », et sept états (absent, endormi, neutre, content, très content, pas content, sceptique) dans le cas de « SlideWorld ». Une évaluation plus poussée de ces interfaces nous permettrait de connaître le rapport entre le degré d'écarts de l'interprétation des utilisateurs avec le degré de liberté permis par la représentation choisie. Cette piste nous permettrait de guider plus efficacement les utilisateurs vers l'objectif des concepteurs, dans l'hypothèse où cet objectif serait clairement précisé. En effet, dans le cas contraire, où les utilisateurs seraient libres d'interpréter l'information transmise selon leurs propres besoins, le degré d'abstraction imposé par le recours aux « smileys » semble problématique.

De même, le recours à un minimum d'abstraction nous ramène aux difficultés rencontrées par les concepteurs, à savoir capturer de manière assez précise l'expression du visage et la posture corporelle d'un utilisateur afin que ce dernier réalise le travail qu'il réaliserait en face à face. Existe-t-il alors un niveau d'abstraction intermédiaire, suffisamment abstrait pour palier aux insuffisances de la technique mais suffisamment concret pour permettre une représentation correctement interprétable ?

5. CONCLUSION

Réaliser des systèmes de communication immersifs, permettant de ressentir une proximité avec un correspondant se rapprochant autant que possible que l'expérience « face à face », amène les concepteurs à se poser la question de la capture et de la retranscription des émotions. Les limitations actuelles des réseaux de communication ne permettent pas d'envisager la restitution réaliste des expressions des visages et des postures corporelles qui permettrait peut-être de créer de tels systèmes. Ainsi, les concepteurs se tournent vers les techniques permettant d'analyser les émotions (expressions faciales, expressions écrites) afin de transcrire de manière abstraite, au moyen de « smileys », les émotions. Deux projets de recherche des Bell Labs utilisant ces principes ont été présentés. Des évaluations en amont de ces projets nous conduisent à nous interroger sur le décalage existant entre objectifs de concepteurs et compréhension des utilisateurs. Parmi les interprétations possibles de ce décalage, nous retenons le recours à l'abstraction des « smileys ». L'idiosyncrasie est une cause possible de l'incapacité des utilisateurs à percevoir uniformément les émotions communiquées par le système. A partir de ces constats, nous avançons deux pistes de recherche : préciser les besoins des utilisateurs et adapter les degrés de liberté d'interprétation des « smileys » en conséquence ; ou bien trouver un niveau intermédiaire d'abstraction permettant de transmettre des informations sur les émotions de manière suffisamment complète.

Enfin, un dernier commentaire s'impose concernant l'acceptabilité de systèmes représentant les émotions : au cours de nos évaluations, la pertinence et la fiabilité perçues de ces systèmes ont plusieurs fois été sérieusement mises en doute. Il est

vrai que nous touchons là à un point sensible propre à la vie privée des utilisateurs [14], problème dont les concepteurs ne pourront pas faire l'économie de l'analyse.

6. REFERENCES

- [1] Altunbasak, Y., Apostolopoulos, J., Chou, P.A., Juang, B.H. 2011. Realizing the Vision of Immersive Communication. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 28, 1, 18-19.
- [2] Kate Goodwin, Frank Vetere, and Gregor Kennedy. 2010. Being there with others: copresence and technologies for informal interaction. In *Proceedings of the 22nd Conference of the Computer-Human Interaction Special Interest Group of Australia on Computer-Human Interaction (OZCHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 324-327.
- [3] Guichon, N. 2009. Training future language teachers to develop online tutors' competence through reflective analysis. *ReCALL*, 21, 2, 166-185.
- [4] Gauducheau, N. 2009. Mesurer les émotions de l'utilisateur : quels fondements pour une démarche d'évaluation des systèmes interactifs ? In *Proceedings of IHM 2009* (Grenoble, France, Octobre, 2009). ACM, New York, NY, 183-192.
- [5] Ekman, P. 1992. An argument for basic emotions. *Cognition and emotions*, 6, 169-200.
- [6] Russell, J.A. 1980. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39, 1161-1178.
- [7] Pang, B., Lee, L. and Vaithyanathan, S. 2002. Thumbs up? Sentiment classification using machine learning techniques. In *Proceedings of EMNLP 2002*.
- [8] Pang, B. and Lee, L. 2004. A sentimental education: sentiment analysis using subjectivity summarization based on minimum cuts. In *Proceedings of ACL 2004*.
- [9] Pang, B. and Lee, L. 2005. Seeing stars: Exploiting class relationships for sentiment categorization with respect to rating scales. In *Proceedings of ACL 2005*.
- [10] Bradley, M. M. and Lang, P. J. 1994. Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavioral Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49-59.
- [11] Yu, Z. and Nakamura, Y. 2010. Smart meeting systems: A survey of state-of-the-art and open issues. In *ACM Computing Surveys*, 42, 2, Article 8 (February 2010).
- [12] Zaman, B. and Shrimpton-Smith, T. 2006. The Face-Reader: Measuring instant fun of use. In *Proceedings of NordiCHI'06* (14-18 October 2006), ACM, New York, NY, 457-460.
- [13] Monceaux, J., Becker, J., Boudier, C., Mazel, A. 2009. Premiers pas dans l'expression d'émotions par le robot Nao: démonstration. In *Proceedings of IHM 2009* (Grenoble, France, Octobre, 2009). ACM, New York, NY, 343-346.
- [14] Eyben, F., Wollmer, M., Poitschke, T. Schuller, B., Blaschke, C., Faber, B. And Ngyen-Thien, N. 2010. Emotion on the road – necessity, acceptance, and feasibility of affective computing in the car. *Advances in Human-Computer Interaction*, Volume 2010, Article ID 263593, 17 page.

IHM et Informatique Affective

Alexis Clay
 ESTIA-Recherche
 Technopole Izarbel
 64 210 Bidart, France
 +33 5 59 43 84 78
 a.clay@estia.fr

RESUME

Dans ce cours, nous proposons une initiation à la reconnaissance d'émotions en informatique et à son intégration dans un système interactif. Après l'établissement d'une base théorique sur les émotions, et la présentation d'un panorama de systèmes existants de reconnaissance d'émotions, nous présenterons un modèle d'architecture logicielle pour des applications interactives sensibles aux émotions et donnerons un exemple d'implémentation. Enfin, nous présenterons un cas applicatif: la reconnaissance d'émotions par le mouvement pour le ballet augmenté, et discuterons des difficultés d'une collaboration art-science. Ce cours s'adresse à un public débutant en reconnaissance d'émotions, avec quelques connaissances en architecture logicielle pour les systèmes interactifs. Sa dernière partie pourra également intéresser ceux souhaitant développer des projets en lien avec des artistes.

Mots clés

Reconnaissance d'émotions, IHM, architecture logicielle, mouvement

ABSTRACT

In this course, we propose an introduction to emotion recognition in computer sciences, and its integration within interactive systems. After establishing a theoretical ground on emotions and presenting an overview of existing emotion recognition systems, we will present a software architecture model for emotionally-aware interactive systems, followed by an example of implementation. Finally, we will present our application case: movement-based emotion recognition for an augmented ballet dance show. We will also discuss the difficulties of an art-science collaboration. This course is intended for a beginner's audience in emotion recognition, with some knowledge in software architecture for interactive systems. The last part of the course will be also of interest for those who want to develop projects in relationship with artists.

Categories and Subject Descriptors

D.2.11 [Software] Domain-specific architecture

Companion Proceedings of *IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine*, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

General Terms

Human Factors.

Keywords

Emotion recognition, HCI, software architecture, movement

1. INTRODUCTION

Les émotions remplissent de nombreuses fonctions chez l'humain, dont une fonction de communication lors d'interaction avec d'autres personnes. Le domaine de l'informatique affective [1] cherche à donner aux machines la capacité d'établir cette communication dans les deux sens, à savoir pouvoir évaluer l'émotion d'un utilisateur (input) (par exemple dans [2]) et afficher une réaction émotionnelle, par exemple à l'aide d'avatars expressifs (output) [3]. L'informatique affective est donc directement liée au domaine de l'Interaction Homme Machine. Dans ce cours, nous traiterons de la reconnaissance d'émotions par ordinateur. Ce domaine, encore jeune, s'est pour le moment principalement focalisé sur des problématiques internes (fiabilité, robustesse de la reconnaissance) et s'ouvre depuis peu à des problématiques externes (intégration de la reconnaissance d'émotions dans des systèmes). Ce cours aborde ainsi l'intégration de la reconnaissance d'émotion dans des systèmes interactifs. En effet, nous considérons l'émotion exprimée par l'utilisateur comme une forme d'interaction multimodale en entrée, permettant de moduler le comportement d'un système. Nous exposons donc à travers ce cours des outils de conception pour des applications interactives sensibles aux émotions, ainsi qu'un cas d'application mettant en œuvre une collaboration art-science, collaboration sur laquelle nous offrons également un retour d'expérience.

Dans ce cours, nous présenterons tout d'abord un double panorama: nous établirons tout d'abord une définition de l'émotion comme base de travail et parcourrons quelques courants, théories et représentations utilisées en psychologie et informatique. Nous verrons alors différents systèmes afin de souligner l'apparition de principes communs malgré les dissemblances dans leurs conceptions. Dans une deuxième partie, nous présenterons la conception d'un modèle d'architecture pour la reconnaissance d'émotions dans des applications interactives, à la fois sur les aspects théoriques de multimodalité et de conception, et sur les aspects pratiques grâce au canevas logiciel eMotion. Enfin, nous présenterons dans une troisième partie un exemple concret d'application: le ballet augmenté, où les émotions exprimées par le mouvement d'un danseur sont reconnues et utilisées dans la génération et la modulation d'éléments virtuels sur scène.

2. DESCRIPTIF DU COURS

2.1 Fondations Théoriques et Pratiques

Dans une première partie du cours nous établirons une base théorique et pratique sur les émotions en psychologie et leur reconnaissance en informatique. Tout d'abord, nous nous appuyerons sur des travaux en psychologie pour proposer une base théorique sur les émotions. En effet, il existe de très nombreuses définitions des émotions, de nombreuses théories sur leur origine, leur fonctionnement, et enfin de nombreuses façons de les représenter. Nous discuterons dans cette première partie des définitions, théories et représentations les plus connues en reconnaissance des émotions en informatique, et en pointerons les avantages et les limites. Nous aborderons également certaines problématiques des émotions, comme leur enchaînement. Nous nous réorienterons ensuite vers l'informatique pour présenter un panorama des systèmes existants de reconnaissance d'émotion. Sans avoir pour but l'exhaustivité, nous appréhenderons les différents canaux d'expression émotionnelle utilisés pour la reconnaissance, ainsi que certains matériels qui permettent de capturer ces expressions émotionnelles. Nous présenterons diverses méthodes d'interprétation des expressions émotionnelle en émotions. De ce panorama hétérogène, nous extrairons des principes constants du domaine, débouchant ainsi sur un ensemble de critères nécessaires à l'élaboration d'un modèle d'architecture pour des systèmes interactifs sensibles aux émotions.

2.2 La Branche Emotion

Dans une deuxième partie, nous nous intéresserons à la méthode d'élaboration d'un modèle d'architecture [4] et suivront cette méthode pour la conception de la branche émotion, un modèle d'architecture pour la création de systèmes interactifs sensibles aux émotions. Ceci passera notamment par la reprise de principes établis en interaction multimodale, modifiés pour mieux s'appliquer au domaine spécifique de la reconnaissance d'émotions. Nous définirons ensuite la branche émotion, en appuyant sur son intégration au sein d'architectures interactives. Enfin, nous présenterons eMotion, un canevas logiciel réutilisable pour la reconnaissance d'émotions. Nous verrons en particulier sa double architecture, mêlant de façon orthogonale une architecture en composants de la branche émotion pour permettre la reconnaissance d'émotions, et une architecture en une hiérarchie d'agents PAC pour l'aspect interactif de l'application.

2.3 Exemple Applicatif: le ballet augmenté

Enfin, dans une troisième partie, nous présenterons un exemple applicatif de l'utilisation de la reconnaissance d'émotions pour l'interaction aux travers des travaux menés dans le cadre du projet ANR CARE (Cultural Experience : Augmented Reality and

Emotions). Au cours de ces travaux, nous avons utilisé le programme eMotion pour reconnaître les émotions exprimées par le mouvement d'un danseur de ballet. Nous avons utilisé ces émotions reconnues pour moduler le contenu d'une scène augmentée. En guise d'ouverture, nous proposons un retour d'expérience sur la collaboration Art et Science. En effet, il peut être difficile pour ces deux mondes relativement différents de travailler ensemble sur un même projet. Après analyse de ce retour d'expérience, nous prodiguerons dans cette conclusion un ensemble de recommandations sur la conduite d'un projet collaboratif Art et Science en IHM.

3. L'AUTEUR

Alexis Clay est titulaire depuis 2009 d'un doctorat en informatique de l'Université Bordeaux 1, sur le sujet "*La branche émotion, un modèle conceptuel pour l'intégration de la reconnaissance multimodale d'émotions dans des applications interactives : application au mouvement et à la danse augmentée*". Ses travaux de doctorat ont ainsi porté sur la création d'un modèle d'architecture pour la reconnaissance d'émotions intégrée à des applications interactives. Alexis Clay collabore depuis 2006 avec Malandain Ballet Biarritz pour l'intégration des technologies développées sur la reconnaissance d'émotions au développement de spectacles mêlant danse et réalité augmentée. Il a également participé au projet ANR CARE (2007-2011), regroupant 7 partenaires académiques et industriels et 2 acteurs culturels : le Malandain Ballet Biarritz et le Museum d'Histoire Naturelle de Toulouse (www.careproject.fr). Au terme de ce projet, il a participé à la réalisation d'un ballet augmenté en 2011, mettant en scène le processus de recherche du projet CARE et regroupant reconnaissance d'émotions, réalité augmentée, interaction, et génération musicale.

4. REFERENCES

- [1] Picard, R.W. *Affective computing*. MIT press, 1997.
- [2] Castellano, G. *Movement expressivity analysis in affective computers : from recognition to expression of emotion*. PhD thesis, University of Genova, 2008.
- [3] Pasquariello, S. and Pelachaud, C. Greta : A simple facial animation engine. In *6th Online World Conference on Soft Computing in Industrial Applications*, Session on Soft Computing for Intelligent 3D Agents, 2001.
- [4] Coutaz, J. and Nigay, L. *Architecture logicielle conceptuelle des systèmes interactifs*, pages 207–246. Hermes Publ., 2001, Kolski (Ed.)

IHM et Modélisation de Systèmes Interactifs Mixtes

Emmanuel Dubois

Université de Toulouse / IRIT - ELIPSE
118, route de Narbonne
31 062, Toulouse Cedex 9, France
Emmanuel.Dubois@irit.fr

Christophe Bortolaso

Université de Toulouse / IRIT - ELIPSE
118, route de Narbonne
31 062, Toulouse Cedex 9, France
Christophe.Bortolaso@irit.fr

RESUME

Ce cours s'articulera en trois grandes parties. La première partie visera à présenter un état de l'art du domaine des Systèmes Interactifs Mixtes (SIM). Puis, nous présenterons le modèle ASUR permettant de décrire des interactions personnes système avec des SIMs. Des exercices applicatifs seront proposés. La troisième partie mettra l'accent sur une méthode, nommée MACS (Model Assisted Creativity Session). MACS est une méthode de conception collaborative associant sessions de créativité informelles et puissance générative du modèle ASUR. Là encore des exercices d'application seront proposés. Nous concluons par une revue rapide des articulations possibles du modèle ASUR avec d'autres ressources de conceptions utiles pour le développement de SIM (KMAD, ASUR-IL, Règles ergonomiques)

Mots clés

Systèmes interactifs mixtes, réalité mixte / augmentée, processus, conception, modèle d'interaction, créativité, ingénierie de conception.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [INFORMATION INTERFACES AND PRESENTATION] User Interfaces- Theory and methods. H.5.1 [INFORMATION INTERFACES AND PRESENTATION] Multimedia Information Systems - Artificial, augmented and virtual realities. D.2.2 [SOFTWARE ENGINEERING] Design Tools and Techniques

1. PARTIE 1 : INTRODUCTION

La mise en œuvre par un utilisateur d'un système interactif introduit un ensemble de difficultés tant en terme d'exécution qu'en terme d'évaluation : ce sont les gouffres bien connus en IHM de la théorie de l'action de Norman [4]. Au fil du temps et du fait des évolutions technologiques, différents moyens et mécanismes ont été utilisés pour développer des IHM permettant de réduire ces deux gouffres : manipulation directe, multimodalité, collaboration, rendu graphique et métaphores, etc. Depuis 1993 et le Digital Desk de Wellner [8], les efforts pour combler ces gouffres tendent à favoriser la mise en jeu des aptitudes physiques de l'utilisateur, de ses habiletés, et des objets quotidiens qu'il manipule et perçoit [2] et [5]. Cette nouvelle forme de systèmes interactifs, appelés Systèmes Interactifs Mixtes (SIM) contribuent à fusionner les mondes physiques et numériques, en combinant des entités de ces deux mondes et contribuant ainsi à réduire les gouffres entre utilisateurs et systèmes.

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

Grâce à des progrès technologiques en termes de miniaturisation, capteurs, communication, capacités de traitement, etc. les possibilités de fusion des deux mondes explosent. Pour preuve, le terme utilisé pour les désigner n'a pas encore atteint de consensus. En effet une multitude de termes désigne des formes plus ou moins spécifiques : interface tangible, réalité mixte / augmentée, virtualité augmentée, interface pervasive, systèmes ubiquitaire ou plus récemment encore système interactif ambiant.

Nous présenterons donc un rapide tour d'horizon des principales sources de variabilités d'un SIM. Puis, nous présenterons les principales approches de conception et ressources pour l'implémentation de SIM présentées dans la littérature.

2. PARTIE 2: MODELISER AVEC ASUR

Dans la seconde partie du cours, nous présenterons le modèle ASUR, modèle permettant la description de l'interaction d'un utilisateur avec un système interactif mixte.

ASUR [3] vise à décrire des situations d'interaction mixte sous la forme d'un ensemble d'entités communiquant via des flux d'information. Il existe quatre grands types d'entités : 1) Les entités « S » représentent les concepts numériques du domaine, incluant des spécificités computationnelles et des capacités de stockage, 2) les entités « U » représentent l'utilisateur du système, 3) les entités « R » représentent les objets physique prenant part dans l'interaction réalisant la tâche et enfin 4) les entités « A » représentent les adaptateurs, dispositifs liant les espaces numérique et physiques en entrée (capteurs) comme en sortie (effecteurs). Les flux d'informations visent à exprimer l'information véhiculant entre ces quatre grands types d'entités les entités. Ces flux sont caractérisé par leur forme de langage, leur médium de communication, leur dimension, la représentation de l'information utilisée, etc.

 User	 Mixed Proximity (Influencer mapping between a physical object and a digital one) Example: the pointer on the screen moves as you manipulate your coffee cup
 Main Physical Object (without it the task has no sense) Example: paper documents, tangible mock-up...	 Physical Proximity (2 physical object are combined) Example: camera is attached to the flashlight, user wear the sensors
 Physical Tool, Instrument Example: stylus, needle, flashlight, coffee cup...	 Action (an event is triggered when two element are close) Example: put the book onto the screen displays the translator
 Sensor (Interactive device is input of the system) Example: camera, pressure sensor, light sensor, magnetic sensor, position sensor...	 Effector (Interactive device is output of the system) Example: screen, speaker, haptic arm...
 Main Digital Object (without it the task has no sense) Example: virtual environment, music, electronic document...	 Information channel (task name, information) Representation: moving, graph, screen 3D... Medium: light, force, pressure, digital... Language: gesture, movement, string, text... Dimension: 2D, 3D, 3D...
 Digital Tool (Information processor) Example: computer, converter, generator...	 Perceptual organ / Capture mechanism Example for the user: ears, legs, fingers, mouth... Example for sensor: lens, photoelectric cell...
 Digital information Example: feedback, various digital information...	 Action Organ / Action mechanism Example for the user: arm, legs, fingers, mouth... Example for effector: motor, spring, vibrator...

Figure 1: Légende des éléments constituant le modèle ASUR.

Pour finir ASUR propose un ensemble de groupes permettant d'exprimer des aspects spécifiques à l'interaction mixte. Par exemple la proximité physique entre entités exprime le fait que deux entités soit indissociables l'une de l'autre pour que la

situation d'interaction ait lieu. La proximité mixte exprime le fait qu'une entité numérique ait le même comportement qu'une entité numérique ou vice-versa. Pour finir le déclenchement d'action, permet d'exprimer le fait qu'un flux d'information est actif uniquement dans une certaine configuration physique des éléments.

La légende des constituants essentiels de ce modèle est illustrée dans la Figure 1. L'intérêt d'un tel langage de description est de permettre la description d'une situation interactive mixte et ce indépendamment des technologies utilisées : l'ensemble des caractéristiques identifiées permet par contre de guider le choix parmi les technologies existantes pour identifier celles répondant aux contraintes décrites par la modélisation.

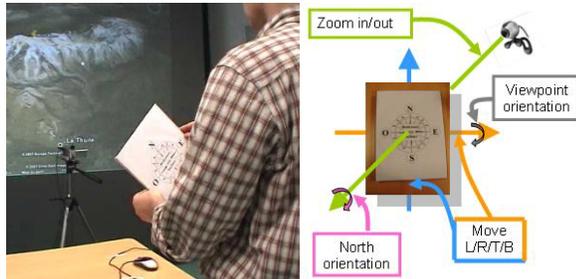


Figure 2 : Le Google Earth tangible

A titre d'exemple, la Figure 2 montre la modélisation ASUR du système illustré sur la Figure 1. Dans ce dernier, l'utilisateur manipule une planche orientée, la position de cette dernière étant détectée par une caméra et permettant de piloter un point de vue sur Google Earth. Le point de vue est rendu à l'utilisateur sous la forme d'images satellites texturant un globe 3D [3].

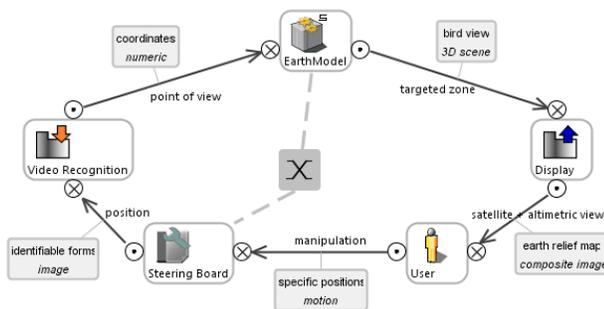


Figure 3: Modèle ASUR d'un Google Earth Tangible

Sur la base de différents exemples, nous montrerons comment de nouvelles solutions de conception peuvent facilement être envisagées et affinées.

3. PARTIE 3: MODEL ASSISTED CREATIVITY SESSIONS (MACS)

MACS [1] est une méthode de conception collaborative combinant le pouvoir informel des séances de créativité et le pouvoir formel et génératif des modèles de conception de l'interaction mixte. En utilisant une notation formelle pendant les séances de créativité, les équipes de conception explorent plus systématiquement les combinaisons possibles entre les espaces physiques et numériques. De plus la méthode aide les participants à conserver le focus sur le problème de conception à résoudre.

Les principes fondamentaux d'un MACS s'appuient sur les méthodes de pensée divergente tel que le brainstorming.

Habituellement 5 à 7 participants génèrent des idées visant à résoudre un problème d'interaction mixte. La session est encadrée par un facilitateur dont le rôle est de gérer la dynamique de groupe ET de stimuler les participants autour des dimensions du modèle utilisé. De plus, avec l'aide du facilitateur, les participants peuvent s'appuyer sur des techniques de générativité élémentaires visant à opérationnaliser cette exploration systématique. Ces techniques consistent en des manipulations simples du modèle utilisé tel que le groupage / dégroupage d'éléments, la matérialisation / dématérialisation d'objets ou encore l'ajout / suppression de composants. Pour manipuler le modèle facilement les participants peuvent s'appuyer sur une légende de la notation (Figure 3).



Figure 4: Participants pendant un MACS

Cette dernière partie du cours s'articulera en trois temps : une revue très rapide des concepts théoriques autour du design d'interaction et de la créativité. Puis, les principes fondamentaux de la méthode seront présentés et mis en application par les participants eux même sur un cas d'étude simple.

4. CONCLUSION

Pour terminer, nous présenterons un rapide aperçu des liens que le modèle ASUR offre avec d'autres ressources de conception d'un SIM. Nous évoquerons notamment le lien avec un recueil de recommandations ergonomiques pour les SIM ainsi que le lien avec un modèle d'architecture logicielle, modèle constituant un véritable passerelle entre la description abstraite de l'interaction avec ASUR et la génération d'assemblage de composants logiciels dans la plateforme WComp ou Open Interface.

5. REFERENCES

- [1] Bortolaso, C., Bach, C., and Dubois, E. MACS: combination of a formal mixed interaction model with an informal creative session. *EICS'11*, ACM, (2011), 63-72.
- [2] Dourish, P. *Where The Action Is: The Foundations Of Embodied Interaction*. MIT Press, 2004.
- [3] Dubois, E., Truillet, P., and Bach, C. Evaluating advanced interaction techniques for navigating Google Earth. *Int. Conf. British Computer Society HCI (2007)*, 31-34.
- [4] Gauffre, G. and Dubois, E. Taking Advantage of Model-Driven Engineering Foundations for Mixed Interaction Design. In *Model-Driven Development of Advanced User Interfaces (MDDAU)*. Springer-Verlag, 2011, 219-240.
- [5] Grudin, J. The computer reaches out: the historical continuity of interface design. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people*, ACM (1990), 261-268.
- [6] Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User Centered System Design: New Perspectives on Human-computer Interaction* (1er éd., p. 526). CRC.

- [7] Site web ASUR/ASUR-IL :
<http://www.irit.fr/recherches/ELIPSE/guideme/>
- [8] Site web RESIM :
<http://www.irit.fr/recherches/ELIPSE/resim/>
- [9] Site Web repository of ASUR models :
<http://www.irit.fr/recherches/ELIPSE/guideme/repository/>
- [10] Wellner, P. 1993. Interacting with paper on the DigitalDesk. Commun. ACM 36, 7 (Jul. 1993), 87-96.

IHM et évaluation ergonomique : une approche pragmatique des statistiques

Marion Wolff

Univ. Paris Descartes/LATI
UFR Biomédicale
45 rue des Saints-Pères, 75 006 Paris
(+33) 142 862 074

marion.wolff@parisdescartes.fr

RESUME

L'originalité de ce cours est d'organiser la présentation autour d'études de cas concernant des évaluations IHM *WIMP* (*Windows, Icons, Menus, Pointing device*) et *POST-WIMP*, et de prendre en compte les différents types de données recueillies sur le terrain, plutôt qu'autour des concepts.

Mots clés

Étude de cas, protocoles expérimentaux, analyse de données

ABSTRACT

This unconventional course is organized around the presentation of *WIMP* (*Windows, Icons, Menus, Pointing device*) and *Post-WIMP*, and takes into account the different types of field data collected, rather than around the concepts.

Categories and Subject Descriptors

J.4 [Computer application] Social and Behavioral Sciences – Psychology.

General Terms

Measurement, Experimentation, Human Factors, Verification.

Keywords

Case Study, experimental Protocol, Data Analysis.

1. INTRODUCTION

Les types de données à analyser varient en permanence selon les procédures mises en place par le chercheur qui se pose un certain nombre de questions auxquelles il veut tenter de répondre. Ces procédures peuvent par conséquent utiliser différents protocoles : observations, expérimentations, débriefings, questionnaires, qui

peuvent être analysés séparément ou conjointement.

Les données issues de ces protocoles sont, d'un point de vue statistique, de différentes natures : données univariées numériques et qualitatives, données bivariées numériques et qualitatives, ou mixtes, à mesures répétées, données multivariées ...

Ainsi pour chaque type de données qui sera résumé sous l'appellation de *variable statistique* (qualitative/quantitative ou numérique) et pour chaque type de question posée sur ces données, sont présentées l'ensemble des procédures nécessaires à l'analyse complète de ces données [1]: des procédures descriptives (statistiques et graphiques) et exploratoires de type multivarié [2] [3] aux procédures inférentielles (les tests). Les concepts et procédures sont ainsi mis en contexte.

En organisant le cours autour des types de données, il devient plus aisé de confronter les indices, les méthodes (quel est l'ensemble des méthodes disponibles pour analyser tel type de données ?) et de mettre en avant les aspects méthodologiques (pourquoi utiliser telle méthode plutôt que telle autre ?). Ces aspects méthodologiques étant peu pris en compte dans la plupart des « cours de stats » qui sont actuellement plutôt centrés sur le calcul de différentes statistiques. Il est à noter que les analyses des verbalisations peuvent également faire l'objet d'analyses statistiques assez sophistiquées ; les procédures sont les mêmes que celles utilisées pour les analyses des protocoles numériques multivariés quels qu'ils soient [4] [5] [6]

Pour ce cours nous proposons trois études de cas, une concernant des évaluations IHM *WIMP* (*Windows, Icons, Menus, Pointing device ou fenêtres, icônes, souris, pointeur*) et deux *post-WIMP*. Les IHM *post-WIMP* mettent en œuvre des techniques d'interaction innovantes qui vont au-delà des interfaces classiques *WIMP*. Ces techniques innovantes incluent entre autres l'interaction à deux mains (surfaces multi-touch) ou l'interaction à plusieurs utilisateurs simultanément.

2. Évaluation IHM WIMP : identification d'icônes pour un équipement militaire

Cette évaluation a fait l'objet d'une communication [7]. Son objectif est de déterminer parmi un ensemble de 72 icônes celles qui sont spontanément identifiées correctement et celles qui engendrent des erreurs, même après un court apprentissage. Les sujets de cette évaluation sont 78 militaires (61 grenadiers-voltigeurs et 17 gradés : officiers et sous-officiers), volontaires pour passer cette expérience et préalablement informés des objectifs et des conditions de passation. Les icônes testées se répartissent en 12 familles de 6 icônes, chacune correspondant à un certain contexte de transaction (par exemple : préparation de mission, suivi de mission, carte, tir, armes, etc.). Ce contexte est indiqué lors la présentation de chacune des icônes.

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

L'expérience, dont la passation est entièrement automatique, se déroule en 3 phases : identification spontanée (association d'une signification à une icône présentée), phase d'apprentissage (répétition), puis identification inverse (c'est-à-dire association d'une icône à une signification présentée). Pour chaque phase, l'ordre des présentations des stimuli est aléatoire. Le programme enregistre toutes les réponses des sujets (bonnes et mauvaises). On désire analyser d'une part les performances des trois groupes sujets lors des trois phases, et d'autre part distinguer dans ce lot d'icônes celles qui sont spontanément reconnues de celles qui résistent à l'apprentissage.

Plusieurs analyses vont ainsi être mises en œuvre dans un souci également de généralisation puisque ce dispositif doit être utilisé par l'ensemble des militaires français.

De quelle nature sont ces variables ? Quelles statistiques mettre en œuvre pour répondre aux questions posées ? Comment généraliser ces résultats à l'ensemble de la population concernée à partir de cet échantillon ? Quelles précautions doit-on prendre ? Comment identifier les lots d'icônes non pertinentes ?

C'est à partir de ces questions et de l'identification des variables que l'on pourra mettre en œuvre les analyses pertinentes.

3. Évaluation IHM Post-WIMP et étude des multisollicitations

Le protocole de test utilisateur a été mis en œuvre par la PEPSS (Plateforme d'Évaluation, de Prototypage et de teSt d'usageS)¹. Cette étude simule les tâches qu'un opérateur aurait à effectuer en parallèle (multisollicitations) [8] [9] : situation d'accueil de clientèle/visiteurs et/ou de surveillance d'événements (situation-type du guichet d'accueil où l'opérateur doit fournir des renseignements multiples tout en effectuant des tâches de surveillance).

Dans ce protocole, la tâche principale du sujet est d'effectuer une surveillance d'événements informatisés (dérives de curseurs, contrôle de voyants) via un test attentionnel. Le test utilisé pour la PEPSS est inspiré de la *MultiAttribute Task Battery* (MATB) [10], fréquemment employée dans les recherches en aéronautique pour mesurer la charge mentale des opérateurs. Durant ce test, en plus de cette tâche attentionnelle, un certain nombre de distracteurs-stresseurs interviennent régulièrement, venant perturber l'opérateur dans sa tâche. Le protocole mis en œuvre pour ce test de multisollicitations se déroule en trois phases, chacune d'une durée de 6 minutes. Durant chacune de ces phases, trois types de distracteurs vont intervenir pendant l'exécution de la tâche principale : sollicitations de personnes venant demander la localisation d'un individu, alarmes sonores et visuelles à stopper, demande de codes d'accès via un talkie-walkie. Chaque phase débute de la même manière : la première minute le sujet n'effectue que la tâche principale, puis lors de chaque minute suivante les distracteurs interviennent.

Ces trois phases sont de difficulté croissante : lors de la phase 1, les sollicitations interviennent l'une après l'autre, elles sont ensuite couplées en phase 2, pour apparaître enfin en simultané et en continu lors de la phase 3. Après chaque phase sont données aux sujets : des échelles d'évaluation quant au niveau de leur performance, de confiance dans cette évaluation, de difficulté de

la tâche, de l'effort fourni, ainsi que des échelles d'auto-évaluation des émotions « *Self-Assessment Manikin scale (SAM)* » [11] se déclinant en trois échelles illustrées par des pictogrammes que le sujet doit cocher pour indiquer son état émotionnel : plaisir, éveil, et dominance de la situation.

Les sujets évalués sont en position debout (situation d'accueil du public appliquée de plus en plus fréquemment en secteur public, tertiaire ou encore de surveillance dans l'industrie [12]), face à un pupitre sur lequel est posé un ordinateur. Ils sont équipés avec différents capteurs permettant les relevés physiologiques (réponse électrodermale/fréquence cardiaque), et leurs performances (en termes d'omissions de réponses aux tâches de surveillance ou de temps de réponse) sont directement enregistrés via la programme informatique. À la fin du test, un débriefing est proposé au sujet lors duquel les verbalisations sont enregistrées.

Pour les sujets testés on a ainsi relevé leurs :

- Sc : Skin conductance (conductance électrodermale) mesurée en microsiemens (μS)
- Fc : Fréquence cardiaque
- Omissions (échelle MAT/Alarmes)
- Temps de réponse (échelle MAT/Alarmes)
- Réponses aux échelles analogiques (notes de 0 à 10) pour les évaluations subjectives (Performance, Confiance, Difficulté, Effort) et les évaluations SAM.
- Verbalisations

Questions initiales : 1) l'expérimentation est-elle bien adaptée aux besoins de l'étude IHM (vérification que les phases sont bien de difficulté croissante et induisent des réactions différentes aux sujets) ?

2) L'analyse de l'ensemble des variables permet-elle de dégager des profils de comportements, de stratégies ?

4. Évaluation IHM Post-Wimp : apports des surfaces interactives

Cette étude exploratoire est actuellement en cours. Elle est issue des travaux menés dans le domaine des surfaces interactives et est menée à l'aide de la table *Tangisense* utilisant des objets tangibles [13] [14] et [15].

Nous proposons une application permettant la reconnaissance et l'apprentissage des couleurs aux enfants (2 à 5 ans environ selon le scénario). Les scénarii sont basés sur le programme d'enseignement dans les écoles maternelles. Nous avons demandé à un professeur des écoles d'imaginer un ou plusieurs scénarii en utilisant une table interactive et un ensemble d'objets sans donner de limite ou de contrainte. Il en est ressorti une application simple où les enfants doivent replacer un ensemble d'objets ayant "perdu leur couleur" dans le cadre de la couleur approprié (i.e. un citron en "noir et blanc" à venir placer dans le cadre de couleur jaune). Pour cela, l'enfant dispose d'un ensemble d'objets (petits cubes portant chacun une image en noir et blanc). L'enfant doit ensuite déterminer ce que représente l'image, y associer la couleur appropriée et venir placer l'objet dans le cadre coloré sur la table interactive. Une fois les objets placés, l'enfant est invité à vérifier ses choix à l'aide d'un personnage représentant un magicien. Le magicien lance alors la procédure de vérification, et annonce à l'enfant ses éventuelles erreurs ou bonnes réponses. Toutes les interactions enfant-enfant, enfant-maîtresse, enfant-objets sont filmées et des grilles d'observations ont été élaborées dans l'objectif d'analyser ces interactions.

¹ PEPSS : Estia, Technopôle Izarbel, 64210 Bidart & Univ. Paris Descartes/LATI axe Ergonomie, 45 rue des Saints-Pères, 75006 Paris.

Quelles questions peut-on se poser ? De quel(s) type(s) sont les variables à analyser ? Quelles analyses peut-on mettre en œuvre ?

Pour ces trois études de cas, ce cours s'organise systématiquement autour des types de données et des méthodes à utiliser en fonction des questions initiales que le chercheur se pose.

5. REFERENCES

- [1] Corroyer, D., & Wolff, M. 2003. L'analyse statistique des données pour la Psychologie : concepts et méthodes de base. Paris, Armand Colin.
- [2] Wolff, M. 2003. Apports de l'analyse géométrique des données pour l'analyse de l'activité. In J.-C. Sperandio & M. Wolff (Eds.), *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie* (pp. 195-227). Paris, PUF.
- [3] Wolff, M. (2010). Basics of geometric data analysis and PCA. *World Engineering Anthropometry Resource Association (WEAR)*. New-Zeland, Auckland, February.
- [4] Wolff, M., Burkhardt, J.M., & De la Garza C. 2005. Analyse exploratoire de « points de vue » : une contribution pour outiller les processus de conception. *Le Travail Humain*, 68, 3, 253-284.
- [5] Lu, J.M., Wang, M.J., & Mollard, R. 2010. The effect of arm posture on the scan-derived measurements.- *Applied Ergonomics*, 41(2), 236-241.
- [6] Cappe, E., Wolff, M., Bobet, R., & Adrien, J.-L. Sous presse. Quality of life: a key variable to consider in the evaluation of adjustment in parents of children with autism spectrum disorders and in the development of relevant support and assistance programs. *Quality of Life Research*.
- [7] Sperandio, J.-C., Wolff, M., & Todeschni, L. 2003. Evaluation d'icônes utilisées comme base d'une communication médiatisée en milieu militaire. In J.M.C. Bastien (Ed.), *Deuxièmes journées d'étude en psychologie ergonomique : Epique' 2003* (pp. 15-28). Rocquencourt, France : INRIA.
- [8] Couture, N., Wolff, M., Mollard, R., & Todeschni, L. 2010. Etude du comportement et des émotions dans un contexte de multisollicitations : approche exploratoire avec la Plateforme d'Evaluation, de Prototypage et de teSts d'usageS (PEPSS). *ACM Ergo'IA 2010, October 13-15, 2010* (pp. 67-74). Biarritz, France. ACM : ISBN 978-1-4503-0273-9
- [9] Mollard, R., Wolff, M., Couture, N., & Clay, A. (à paraître). Développement d'une plateforme d'évaluation personnalisable et adaptable pour l'étude du comportement émotionnel en situation de multisollicitations. *Le Travail Humain*.
- [10] Comstock, J. L., & Arnegard, R. J. 1992. *The Multiattribute Task Battery for human operator workload and strategic behavior research*. Technical Report 104174. Hampton, VA:NASA Langley Research Center.
- [11] Gil, S. 2009. Comment étudier les émotions. *Revue électronique de psychologie sociale*, 4.
- [12] Mollard, R., Alban, G., & Wolff, M. 2010. Transformation du travail et prévention des risques : aménagement des espaces d'activités et conception des postes de travail dans les bureaux de poste. *ACM Ergo'IA 2010, October 13-15, 2010* (pp. 193-199). Biarritz, France. ACM : ISBN 978-1-4503-0273-9
- [13] Kubicki, S., Lepreux, S., Kolski, C., and Caelen, J. 2010. Towards New Human-Machine Systems in contexts involving interactive table and tangible objects. *11th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems*. Valenciennes, France.
- [14] Kubicki, S., Lepreux, S., Kolski, C., Perrot, C., & Caelen, J. 2009. TangiSense: présentation d'une table interactive avec technologie RFID permettant la manipulation d'objets tangibles et traçables. *IHM '09: Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, 351-354, ACM Press.
- [15] Kubicki, S., Lepreux, S., Lebrun, Y., Dos Santos, P., Kolski, C., & Caelen, J. 2009. New Human-Computer Interactions using tangible objects: application on a digital tabletop with RFID technology. In J. A. Jacko (Ed.), *13th Int. Conf., HCI International, vol. 5612, LNCS*. San Diego, CA.

Cubix: A Visual Analytics Tool for Formal Concept Analysis

Cassio Melo
École Centrale Paris
Grande Voie des Vignes
92 295 – Chatenay-Malabry
cassio.melo@ecp.fr

Anastasia Bezerianos
École Centrale Paris
Grande Voie des Vignes
92 295 – Chatenay Malabry
anastasia.bezerianos@ecp.fr

Bénédicte Le-Grand
LIP6
4 place Jussieu
75005 Paris
benedicte.le-grand@lip6.fr

Marie-Aude Aufaure
École Centrale Paris
Grande Voie des Vignes
92 295 – Chatenay Malabry
marie-aude.aufaure@ecp.fr

ABSTRACT

This paper presents *Cubix*, a Formal Concept Analysis (FCA)-based visual analytics tool for Business Intelligence. The main purpose of *Cubix* is to provide novel ways of applying visual analytics in which meaningful diagrammatic representations will be used for manipulating, filtering and visually querying complex data. We present its functionality, a scenario of use, and future steps towards advanced FCA-based visual analytics.

Categories and Subject Descriptors

J.1.1 [Computer Applications] Administrative data processing – *Business*.

General Terms

User-Centered Design. Experimentation.

Keywords

Formal Concept Analysis, Visual Analytics, Knowledge Representation, Business Intelligence.

1. INTRODUCTION

The advances in technology for creation, storage and dissemination of data have dramatically increased the need for tools that effectively provide users with means of identifying and understanding relevant information. Formal Concept Analysis (FCA) may play an important role and help fill this gap by employing more intelligent means in the analysis process. FCA has become popular in early 80's as a mathematical theory of data analysis based on the philosophical notion of a concept [7] and since then has been applied to a variety of domains, to name a few, information retrieval [1], genes expression analysis [4] and; machine learning [6].

FCA provides an intuitive understanding of generalization and specialization relationships among objects and their attributes in a structure known as a *concept lattice*. A concept lattice is

traditionally represented by a *Hasse diagram* illustrating the groupings of objects described by common attributes. This hierarchical structure can provide reasoning for classification and clustering, implication discovery and rule learning.

One critical issue of the traditional lattice visualization is that it grows exponentially with the number of objects and attributes [1,3,9]. On the other hand, the analysis process can be greatly enhanced with aid of visual analytics techniques. Today, only a few number of tools are able to deal with large lattice analysis and the support for interactive exploration is quite limited.

In this article we propose a first version of a visual analytics tool for Formal Concept Analysis called *Cubix*. The techniques implemented are well known in visual analytics literature and allows selecting, comparing, filtering, detailing and overview of concept lattice features [13]. The novelty of our work consists of the combination of FCA with visual analytics data exploration techniques.

2. BACKGROUND

A formal concept is a *tuple* (E,I), containing an *intent* (I) and an *extent* (E) set. The *intent* set represents all the attributes shared by a set of objects; conversely, the *extent* set contains all the objects that have the same set of attributes (for a detailed explanation see [7]). Concepts are linked together when they share attributes, resulting in a lattice. A *Hasse diagram* used in the traditional lattice visualization is a special kind of graph in representing a finite partially ordered set in which concepts that share a common attribute have a link. A partial order is established, generally from the most generic concept (top) to most specific (bottom) – figure 1.

One of the first visualization tools for FCA lattices was proposed by [1] for an information retrieval system called Galois. Authors implemented a Fish Eye [2] representation of lattices where concept nodes are expanded relatively to their neighbors when users focus on them. Its interface, named *ULYSSES*, allowed users to reduce the search result space by adding constraints to the lattice. Later with *CREDo* only parts of the lattices were displayed similarly to file/folder hierarchy displays, and can be expanded or collapsed interactively.

Priss [3] used the lattice representation to show the concepts hierarchy in thesauri. Each concept is viewed as a facet in an information retrieval system called *FaIR*. Recently Akand *et al* [4], proposed an algorithm that generates a browse-able concept lattice designed for biology applications.

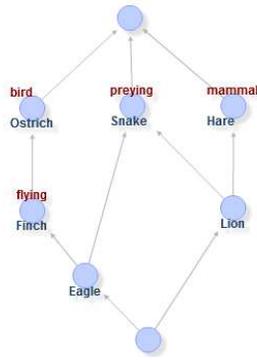


Figure 1. An example of a concept lattice of animals.

Over the past decade a number of FCA analysis and visualization tools have appeared. Their purpose is to generate the concept lattice of a given formal context and the corresponding *association rules*. *ToscanaJ* (toscanaj.sourceforge.net), *Galicja* (iro.umontreal.ca/~galicia) and *Concept Explorer* (ConExp) (www.sourceforge.net/projects/conexp) are among the most popular ones. They can compute and visualize concept lattices but are not designed to allow interactive analysis on large lattices.

Recent work [5] presents *OpenFCA*, an open source FCA-based web application used for context editing, concept computation and visualization, *association rules* and attribute exploration (code.google.com/p/openfca). Theirs is one of the first tools with highly interactive layout for concept analysis. There are a few limitations however, for instance, the only method for reducing large lattices is based on defining a maximum tree depth.

3. CUBIX GOALS & APPLICATIONS

The inspiration and features of *Cubix* are results of a user-centered design approach. As a first step we conducted interviews with three types of users (5 total) attempting to find patterns within their data: users conducting market intelligence, computational biology, and space control centre operation monitoring. All had large amounts of data within which they wanted to answer 3 types of questions: frequent pattern detection, anomaly detection and pattern comparison. An example of **frequent pattern** detection is “during the first stage of a mouse embryo development what are the genes expressed together most often”. An example of **anomaly detection** is “what are the sensor and telemetry logs of a space load on the International Space Station that may be related to a specific instrument malfunction”. And a **pattern comparison** question would be “Are the jobs available in Liverpool similar to those in Manchester”?

FCA analysis creates semantic groupings of objects and attributes based on their co-occurrence. Nevertheless the resulting FCA lattices are too big to allow users to answer their questions. Through a series of participatory design sessions we (i) verified the benefits of FCA for answering these questions, and (ii) investigated ways to improve the lattice visual representation and exploration. *Cubix* is a first prototype of our findings.

4. FCA VISUAL ANALYTICS IN CUBIX

In this section we describe *Cubix* features employed for organizing, visualizing, interacting and filtering conceptual data.

4.1 Workspaces and data sources

Cubix allows grouping, on a single workspace, of different data sources to perform analysis, such as files, databases and a data streaming API. Each workspace provides options for filtering and merging data from different sources for *data scaling*. In FCA *scaling of data*, refers to the possibility of grouping attribute values before performing the analysis. For instance, in a date attribute one can specify time periods (e.g. weeks, months, years). Thus users focus their analysis to pertinent attributes ranges [6].

4.2 Concept Lattice Visualization

Visualizing the entire lattice seems to be of little help in the analytical process [6,7,9]. FCA lattices in particular suffer from considerable edge crossings, especially if the number of concepts exceeds a few dozen as is the case in more real word applications, leading to reduced graph readability and aesthetics [8].

Some approaches reduce concept lattices based on strategies reflecting the goal of the reduction. In [9] lattices are reduced based on the *support* of concepts and *association rules*. In [10] lattices are reduced based on *stability* of concepts. In [11] lattice are reduced based on the coherence of concepts.

Based on user recommendations, we use the notions of support, stability and association as lattice filters, since these strategies help our users answer questions of the form **most frequent pattern**. But we also represent these notions visually on the lattice to enhance data understanding. For instance, the power of implications of different concepts can be rendered by edge thickness. The concept node itself can be a visual metaphor for its *intent* and *extent*. In the example of figure 2, a pie chart replaces the traditional box representation to depict the proportion of objects (blue) and attributes (yellow). In this way users can be guided in understanding and choosing criteria for reducing their lattices. Based on these criteria we can also extract tree structure to simplify the lattice representation [8].

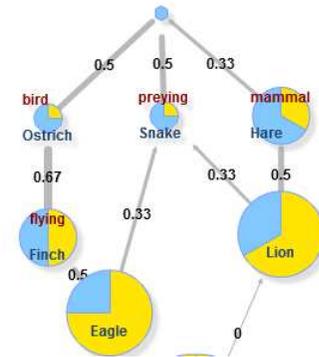


Figure 2. A concept lattice with pie charts depicting proportion between attributes and objects of a concept.

Cubix has four ways for displaying the lattice structure: the traditional layered *Hasse* diagram and a force directed *Hasse* diagram (graph with repulsion forces between edges), an indented tree, as well as a sunburst tree [12]. Smooth animations allow cognitive tracking of transitions between the 4 layouts.

4.3 Search & Filtering Attributes & Concepts

In *Cubix*, we enable text searches of attributes in concepts, with an auto-completion feature to help users easily search for both attributes and values in concepts. The results are dynamically highlighted as the user searches in the different concept nodes.

After searching, the user can use the results of the search to distort the lattice based on the user's *Degree of Interest (DOI)* (figure 3).

For example, concepts that are not closely connected to the search results tend to fade out or get scaled down (user preference). This *focus+context* distortion [2] allows the user to focus on items he or she selects without losing the context around (e.g. concept hierarchy). Thus users can focus their analysis on attributes of interest, such as attributes related to **anomalies**. Finally, we allow multiple side-by-side views of parts of the lattice to help users answer **pattern comparison** questions.

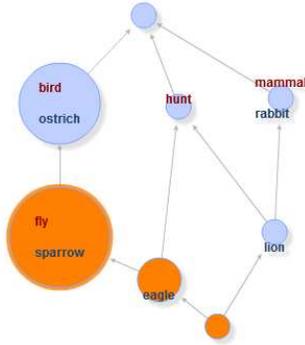


Figure 3. *Focus+context* displayed for a search “fly” depicting related nodes.

4.4 Concepts Interaction

To allow users to see details of concepts we have implemented a semi-transparent widget menu that pops up when the user holds *CTRL* while selecting concept nodes. This approach is similar to that one used in [14] and advanced CAD software such as *Maya3D*. This “hotbox” (figure 4). follows the user’s cursor, is contextual (shows information on current object), and keeps users focused on their task without needing to click on a side toolbars or menus for frequent operations such as “view objects”, “view attributes”, applying filters, hiding parts of the lattice, as well as selection of sub-lattices.

One of the benefits of grouping attributes into concepts is the potential to see patterns of attribute values that appear together in many objects (frequent patterns). Based on our users’ goals, when selecting one or more concepts we provided them with visual representations of related attributes that co-occur in objects. For instance in Fig.5, if the concept “preying” is selected on the left, a bar chart on the right displays how likely it is to appear with other attributes. In this case, if an animal is “preying” it has 33% of probability of being “mammal”, “bird” or “flying”. This way, users can explore attributes that co-occur with **anomalies**.

4.5 Lattice Transformations

This option allows users to transform the concept lattice in other structures like a tree or bipartite graph that are easier to understand than lattices. Currently only tree transformation is implemented in *Cubix*. Trees are a common and have easily understandable visual representations. We consider them as a visualization alternative to large cluttered concept lattices, which preserves all lattice entities and some of its structure.

In order for a tree visualization to be an effective alternative to a lattice, the extraction of the tree from the lattice needs to preserve the most essential features of the original structure. We consider various strategies for selecting parent concepts, including the *stability* and *support* indexes from FCA literature, *confidence*,

as well as topological features of the lattice (see [8] or a detailed explanation on the tree transformation process).

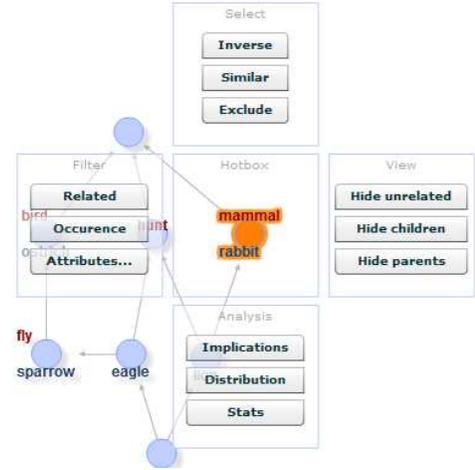


Figure 4. *Hotbox* for common operations on concepts.

5. SCENARIO OF USE

Based on our participatory design session, typical uses of *Cubix* include common pattern detection, anomaly detection, and comparisons.

To illustrate the use of *Cubix* for these three common tasks we will use a traffic accidents dataset¹. The dataset has the following attributes: “Accident Severity (Slight | Serious | Fatal)”, “Number of Vehicles”, “Day of Week”, “Light Conditions (Daylight | Darkness)”, “Weather (Fine | Raining | Snowing | Fog | High Winds)”, “Road Surface Conditions (Dry | Wet | Snow)”, “Urban or Rural Area”.

The *Cubix*’s workflow starts with the loading of real data set, converting it into a formal context simplifying the context to make it manageable, and visualizing the result as a concept lattice. The user can start exploring the dataset by asking questions related to **anomalies**:

What can be considered the main causes of “accident severity: serious” (anomaly)?

There are several ways to accomplish this task in *Cubix*. The user can search for “accident severity: serious”, go to the left panel in the tab “stats”, select the option co-occurrence of attributes to see what are other factors associated with serious accidents (figure 5). Alternatively user can select the concept(s) representing serious accidents, hold *CRTL* to show the *hotbox* and then click on “Implications”. This displays statistical information based on the generated attribute co-occurrence for the selected concept(s). In the example above, 76% of serious accidents are associated with road surface wet, 37% with snow, and 25% with low luminosity conditions.

In traditional software (*ToscanaJ* and *ConExp*) these co-occurrences are expressed as association rules, displayed as a list of formal logic statements $\{X_1, X_2, \dots, X_n\} \Rightarrow Y$, that are harder to interpret, especially when it comes to confidence in the rule.

¹ Available at the UK Department of Transport website www2.dft.gov.uk

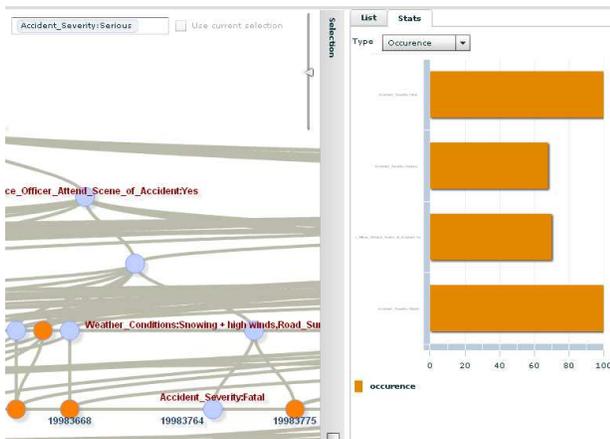


Figure 5. Related attributes occurrence for a selected concept.

Having detected the possible causes of the accidents (anomaly), the user wants to identify related **frequent patterns**,

How likely is an "accident severity: serious" occur during weekends (Sat-Sun)?

The user applies a filter to the attribute "Weekday", selecting only accidents that happened in weekends, then she further filters her selection to concepts with serious accidents. Finally, by clicking on the option "Occurrence" in the *hotbox* she sees the probability of occurrence for the selected concept(s) specified in the filter. In this dataset 36% of serious accidents happen on the weekends.

Finally the user wants to compare different patterns. Example:

What are the differences between accidents with the road surface wet and those with the road surface dry?

In *Cubix* this comparison is made by selecting two or more concepts and selecting the option "Compare" in the *hotbox*. Each attribute is represented by a dimension in a *parallel diagram* composed by selected concepts. In this dataset, we can see that serious and fatal accidents are more likely to occur in wet surfaces than those of dry ones.

The analysis task illustrated here may help in creating policies to prevent accidents under certain conditions, and shows the great potential of combining visual analytics with FCA.

6. CONCLUSIONS

Traditional methods for visualization of large FCA lattices are quite restricted to *Hasse* diagrams. Using a user-centered approach we are developing *Cubix*, a tool that extends traditional FCA techniques using interactive visualization and manipulation of conceptual data. We have implemented several alternatives for the visual exploration of lattices through searching, filtering sub-selection of concepts and attributes; visual display of related attributes and their implication confidences; and an *insitu* "hotbox" for interacting with a concept node.

In the future we plan to explore other visual metaphors and more sophisticated navigation and interaction techniques for dealing with large lattices, such as concept clustering and ways to navigate and zooming into different levels of concepts clusters. We also plan to continue the evolution of our tool based on our user comments and feedback. Finally, we hope the outcomes of this work will help stimulating the HCI and visualization community to discuss the benefits of FCA for understanding

patterns in data, as well as the challenges of visualizing and interacting with large concept lattices issues.

7. REFERENCES

- [1] Carpineto, C., & Romano, G. (1995). Ulysses: a lattice-based multiple interaction strategy retrieval interface. In B. Blumenthal, J. Gornostaev & C. Unger (Eds.), *Human-Computer Interaction, LNCS 1015-Springer*, 91-104.
- [2] Kreuzeler, M. and Schumann, H. (1999). Information visualization using a new Focus+Context Technique in combination with dynamic clustering of information space, *Proc. NPIV'99, Missouri*, pp. 1-5, 1999, ACM Press.
- [3] Priss, U. (2000). Lattice-based Information Retrieval. *Knowledge Organization*, 27, 3, 132-142.
- [4] Akand E., Bain, M., Temple, M. (2010). A Visual Analytics Approach to Augmenting Formal Concepts with Relational Background Knowledge in a Biological Domain, in *Sixth Australasian Ontology Workshop (AOW2010)*
- [5] Borza, P. V. Sabou, O. Sacarea, C. (2010). OpenFCA: an open source formal concept analysis toolbox. *IEEE International Conference on Automation Quality and Testing Robotics*. Ganter, B., Wille, R.: *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*. Springer, Berlin (1999)
- [6] Kuznetsov, S.O.: Stability as an estimate of the degree of substantiation of hypotheses derived on the basis of operational similarity (*Automat. Document. Math. Linguist.*) 12 (1990) 21–29
- [7] Ganter, B., Wille, R.: *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*. Springer, Berlin (1999)
- [8] Melo, C., Le-Grand, B., Aufaure, M., and Bezerianos, A. (2011). Extracting and Visualising Tree-like Structures from Concept Lattices, *IV 2011 (15th International Conference on Information Visualisation)*, London, July 2011.
- [9] Stumme, G., Taouil, R., Bastide, Y., Pasquier, N., and Lakhal, L. Computing iceberg concept lattices with Titanic. In *Data & Knowledge Engineering, Volume 42, Issue 2*, pp. 189-222, 2002.
- [10] C. Roth, S. Obiedkov, D. G. Kourie. "Towards Concise Representation for Taxonomies of Epistemic Communities", *CLA 4th Intl Conf on Concept Lattices and their Applications*. 2006.
- [11] Messai N., Devignes M-D., Napoli A., and Smail-Tabbone M. (2008). Extending Attribute Dependencies for Lattice-Based Querying and Navigation. *16th International Conference on Conceptual Structures ICCS 2008*, pages 189-202. Springer, 2008.
- [12] Stasko, J. (2000). An evaluation of space-filling information visualizations for depicting hierarchical structures. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 53, 5 (November 2000), 663-694.
- [13] Keim D. A., Mansmann F., Schneidewind J., Thomas J., and Ziegler H. (2008). *Visual Analytics: Scope and Challenges*. In *Visual Data Mining, Lecture Notes In Computer Science*, Vol. 4404. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 76-90.
- [14] McGuffin, M. J. & Jurissica, I. (2009). Interaction Techniques for Selecting and Manipulating Subgraphs in Network Visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 15,6, November 2009.

Le Joker : vers une diminution du nombre de changements de pages dans KeyGliss

Nathan GODARD

Benoît MARTIN

Guillaume KUHLER

Mamode NASSIRE

Université Paul Verlaine – Metz, UFR MIM

Ile du Saulcy, BP 80794

57012 Metz cedex 1, France

{nathan.godard, benoit.martin}@univ-metz.fr

RESUME

KeyGliss [3] est un clavier logiciel basé sur un système de prédiction linguistique qui réorganise les lettres sur les touches à chaque frappe. La navigation par pages limite l'usage à quatre touches avec chacune deux lettres. Pour diminuer le nombre de changements de pages, nous proposons d'introduire une touche joker qui représente « une lettre autre que celles de la page courante ». Un dictionnaire doit permettre la désambiguïsation. Une simulation montre que de bons résultats peuvent être obtenus même si le joker est autorisé dès le début d'un mot. Le travail se poursuit pour des améliorations avant des tests utilisateur.

Mots clés

Entrée de texte, clavier logiciel, prédiction de texte.

ABSTRACT

KeyGliss [3] is an ambiguous soft keyboard. A prediction system maps letters on keys after each typing and the navigation through pages limits the use to four keys with two letters per key. To reduce changes of pages, we introduce a joker key that represents "a letter that is not present on the current page". A dictionary must permit the disambiguation. A simulation shows that this solution is usable even if the joker is used as the first letter of a word. Work continues to enhance the proposition before user tests.

Categories and Subject Descriptors

H5.2. [Information interfaces and presentation]: User Interfaces --- Input devices and strategies, Graphical User Interfaces.

General Terms

Human Factors, Experimentation, Performance.

Keywords

Text entry, soft keyboard, prediction.

1. INTRODUCTION

Il est très fréquent d'utiliser un périphérique mobile pour saisir du texte, que ce soit pour écrire des SMS, des courriers électroniques ou des notes. En raison de la taille de ces périphériques, l'utilisation d'un clavier standard de type Azerty/Qwerty n'est pas forcément adaptée, la petite taille des touches pouvant entraîner

des difficultés de lecture et de pointage [7].

Afin d'augmenter la taille des touches, il peut être avantageux de diminuer leur nombre. Une première solution est de n'afficher que partiellement le clavier, un système de navigation permettant l'accès aux caractères non présents. L'agencement des caractères peut être fixe, c'est le cas entre autres de DoteNote, qui utilise deux pages séparées [5], ou il peut être dynamique, organisé en fonction des probabilités d'apparition des caractères selon le contexte.

Une autre méthode permettant de limiter le nombre de touches est d'afficher directement plusieurs lettres par touche du clavier. Un exemple connu est celui des 8 touches du téléphone mobile. L'utilisation d'une touche est ambiguë, il est donc nécessaire de lever cette ambiguïté, il existe pour cela deux méthodes. La première est la mise en place d'une interaction permettant à l'utilisateur de choisir la lettre à saisir, comme des appuis successifs ou un défilement. On peut citer comme exemple celui du multitap, sur les téléphones. Pour la touche 2 (abc), un seul appui permet de sélectionner un A, deux appuis pour un B et enfin 3 pour un C. LetterWise [6] propose une amélioration de ce système en intégrant un système de prédiction, les caractères sont proposés selon leur probabilité plutôt que par un ordre fixe.

La seconde méthode est de laisser l'utilisateur saisir une touche par caractère avec les ambiguïtés, et d'utiliser, en fin de saisie de mot, un système de désambiguïsation. Si le mot proposé par le système n'est pas le bon, c'est à l'utilisateur de choisir celui qu'il veut. Un exemple est le T9©, développé par Tegic Communication [4].

En général, les claviers ambigus se concentrent sur l'utilisation de caractères fixes pour les différentes touches. Dans ce papier, notre idée est d'intégrer, à un clavier multipage, une touche « joker » : une touche représentant « les caractères non présents à l'écran ». Cela permettrait de garder les avantages d'un clavier de type multipage, tout en limitant les inconvénients liés au défilement.

En informatique, le « joker » (ou méta-caractère) est souvent utilisé pour des recherches de mots ou expressions incomplètes, soit en début/fin de chaîne, soit pour remplacer un caractère. Ce principe a été utilisé par Tinwala et Mackenzie dans un algorithme de correction de mots [8] : lorsqu'un caractère n'est pas reconnu par le système, il est remplacé par un « . » (joker), correspondant à n'importe quel caractère possible.

2. KeyGliss

KeyGliss[3] est un clavier dont les caractères sont organisés dynamiquement sur les touches selon leur probabilité d'apparition, en fonction du contexte de frappe ie. les caractères précédents. Une réorganisation est effectuée après chaque saisie

d'un nouveau caractère. Pour être utilisé avec le doigt ou un stylet sur un périphérique mobile, KeyGliss dispose d'un nombre limité de touches de taille importante (figure 1). Un système de pages permet d'accéder aux caractères qui ne sont pas initialement visibles. Tous les caractères alphanumériques sont accessibles y compris les caractères accentués et la ponctuation courante.



Figure 1. Interface du clavier KeyGliss

Le défilement des pages du clavier se fait à la manière d'une bande : un appui suivi d'un glissé sur l'axe horizontal déclenche le défilement du clavier vers le sens indiqué lorsque cela est possible. Le défilement s'effectue toujours d'une page complète.

Chaque touche du clavier est composée de plusieurs caractères, chacun accessible par une interaction différente. Les caractères situés en haut et en bas sont sélectionnés à l'aide d'un appui sur la touche suivi d'un glissé vers le haut ou vers le bas avant de valider par un relâchement. Le caractère situé au centre est accessible par un simple appui/relâchement sur la touche.

Par exemple lors de la saisie du mot « riche », la prédiction propose les 8 caractères les plus probables dont la première lettre « r » qui peut être directement validée. La prédiction propose à nouveau 8 caractères dont le « i » qui peut également être directement validé. Dans le nouvel agencement proposé, la lettre « c » n'est pas présente. Il est donc nécessaire de changer de page afin de l'apercevoir et ainsi de la valider, et ainsi de suite jusqu'à la fin du mot.

Lors d'une expérimentation, 90.3% des caractères étaient accessibles directement sur la première page, cependant les tests ont montré que les utilisateurs réalisaient beaucoup de défilements superflus [3]. En moyenne les utilisateurs ont réalisés 30% de défilements inutiles qui indiquent certaines difficultés : dans 63% des cas, l'utilisateur a dépassé la page sur laquelle se trouvait le caractère, ou encore un changement de page vers la gauche a été réalisé dans 9% des cas alors que l'utilisateur se trouvait sur la

première page.

Il est important de noter que les défilements sont particulièrement coûteux car non seulement ils nécessitent un temps d'interaction assez important, mais en plus après chaque défilement l'utilisateur doit parcourir toute la page à la recherche de son caractère.

3. LA TOUCHE JOKER

3.1 Introduction

KeyGliss impose une navigation par page qui est coûteuse en termes de performance et de satisfaction pour l'utilisateur. Notre étude porte donc sur la réduction du nombre de changements de pages. Nous introduisons sur la première page un caractère dit « joker » qui signifie « toute lettre non présente sur la page affichée ». Pour chaque lettre d'un mot, l'utilisateur peut donc désigner une lettre présente sur la page ou le joker pour en symboliser « une autre ». Le joker remplaçant un caractère, KeyGliss ne propose plus que 7 caractères en plus de ce joker. Par exemple, pour reprendre la saisie du mot « riche » (figure 2), les deux premières pages proposent toujours les deux premières lettres « r » et « i » sans changement de pages. L'agencement suivant ne proposant pas le caractère « c » désiré, le joker est utilisé pour indiquer une autre lettre que celles affichées. Le processus est répété jusqu'à la fin de la saisie du mot, marquée par une ponctuation. Le mot saisi sans changement de pages est « ri**e » avec * pour représenter un joker. À partir d'un dictionnaire le système produit une liste de mots qui correspondent à cette « expression régulière » : riche, risée, ripée, risse, rivée, etc. Cette liste peut être ordonnée à partir de la fréquence des mots. Le premier mot de cette liste est validé par défaut mais dans tous les cas, l'utilisateur doit pouvoir choisir n'importe quel mot de cette liste s'il le désire.

3.2 Le modèle n-gramme utilisé

La réorganisation des caractères sur les touches se fait avec un modèle de prédiction. Celui-ci doit être en mesure de calculer la liste des caractères les plus fréquents à partir du contexte (ie. les caractères précédents) et de les ordonner selon leur probabilité. Nous utilisons pour cela un système de prédiction basé sur le modèle n-gramme.

Afin de réorganiser les caractères malgré la présence du joker dans le contexte, l'idée est de faire l'union des listes de prédiction des contextes possibles. Ainsi, si nous souhaitons écrire à partir du contexte c_1*c_2 , la liste des caractères possibles sera obtenue en faisant l'union des listes des différents contextes (où * représente le joker). Nous additionnons les occurrences des caractères identiques avant de réordonner la liste. Prenons le contexte a*b (où * peut valoir c ou d), avec les occurrences suivantes :

acb	a:5	b:3	
adb	b:6	a:2	c:3



Figure 2. Sélection du mot « riche » sur un prototype de KeyGliss : « ri**e ». Le joker est symbolisé par le caractère « * ».

L'union de acb et de adb nous donne :

a*b b:9 (6+3) a:7 (5+2) c:3 (3)

« b, a, c » est donc notre liste de prédiction pour le contexte a*b.

Finalement, dans notre prototype, nous avons utilisé un 5-gramme (quatre caractères pour prédire le cinquième) construit à partir de CorpaText [1], un corpus en français composé de 2700 textes d'un total de 37 millions de mots.

3.3 Dictionnaire

Dans le cas de l'utilisation du joker, la désambiguïsation impose une recherche dans un dictionnaire pour produire une liste de prédiction. Nous avons donc utilisé un dictionnaire basé sur le dictionnaire Français-GUTenberg [2] qui contient 336 531 entrées. Ce dictionnaire a été complété par une analyse fréquentielle à partir de CorpaText [1], le même corpus de texte ayant servi à la construction du 5-gramme.

Notre premier travail est une analyse théorique de la validité et des limites de l'approche du joker. Nous avons simulé la saisie de tous les mots du dictionnaire à l'aide de KeyGliss. Afin d'estimer le meilleur compromis entre le nombre de défilements économisés et la position du mot dans la liste de prédiction issue du dictionnaire, nous avons simulé l'utilisation du joker en l'autorisant :

- dès le premier caractère du mot (noté KeyGliss¹) ;
- dès le deuxième caractère (noté KeyGliss²). Le joker n'est pas disponible pour le premier caractère ce qui impose des défilements mais permet l'affichage de huit caractères ;
- après les deux premiers caractères (noté KeyGliss³).

Nous avons également simulé l'utilisation de la version originale de KeyGliss sans joker (noté KeyGliss).

3.3.1 Nombre de défilements

La simulation du dictionnaire montre des économies conséquentes du nombre de défilements en utilisant la touche joker (figure 3). En effet, un total de 1 615 822 défilements sont nécessaires à KeyGliss pour saisir le dictionnaire contre seulement 286 519 et 383 113 respectivement pour KeyGliss² et KeyGliss³. L'économie est de 82.3% pour KeyGliss² et 76.3% pour KeyGliss³. Aucun défilement n'est nécessaire pour KeyGliss¹ car il est toujours possible d'utiliser la touche joker.

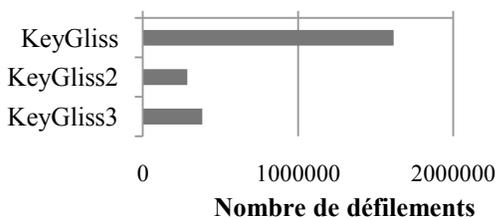


Figure 3 : Nombre de défilements pour tous les mots du dictionnaire.

Ces gains importants s'expliquent par le grand nombre de mots peu fréquents présents dans le dictionnaire, ceux-ci étant difficiles à prédire par KeyGliss, cela implique beaucoup de défilements.

Ces gains issus de l'usage du joker sont toutefois à relativiser avec la position du mot recherché dans la liste de prédiction issue du dictionnaire.

3.3.2 Position du mot dans la liste de prédiction

La figure 4 indique en pourcentage la position des mots qui contiennent au moins un joker dans la liste de prédiction. Comme KeyGliss¹ permet plus de jokers, les listes de prédiction sont plus grandes et donc en moyenne seulement 75% des mots sont en première position, contre 88% et 90% pour KeyGliss² et KeyGliss³. Peu de mots se trouvent à une position supérieure à 10 : 2.5% pour KeyGliss¹ (maximum 161), 0.13% pour KeyGliss² (maximum 37) et 0.07% pour KeyGliss³ (maximum 29).

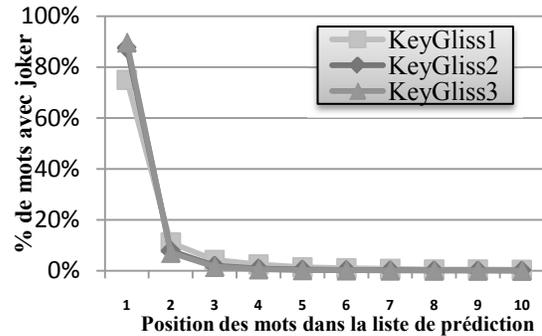


Figure 4 : Position des mots dans la liste de prédiction (dictionnaire)

3.4 Simulation

Notre second travail était de tester l'approche dans une situation plus réaliste à partir d'un corpus de phrases de tests. Cela nous permet de préciser des hypothèses : le texte étant censé contenir en moyenne des mots plus fréquents, les gains en défilements devraient être moindres que ceux observés lors de la simulation du dictionnaire.

Le corpus est composé de 498 phrases comportant des caractères accentués ainsi que de la ponctuation et des chiffres, pour un total de 2975 mots. Les fréquences des caractères respectaient les fréquences rencontrées en langue française.

3.4.1 Usage du joker

Le fait d'autoriser le joker tôt augmente le nombre de mots qui contiennent au moins un joker. On dénombre ainsi :

- 2381 mots avec joker dans KeyGliss¹ ;
- 607 mots avec joker dans KeyGliss² ;
- 358 mots avec joker dans KeyGliss³.

Cela augmente également le nombre de jokers par mot (figure 5). On dénombre :

- 4011 jokers pour KeyGliss¹ ;
- 970 jokers pour KeyGliss² ;
- 488 pour KeyGliss³.

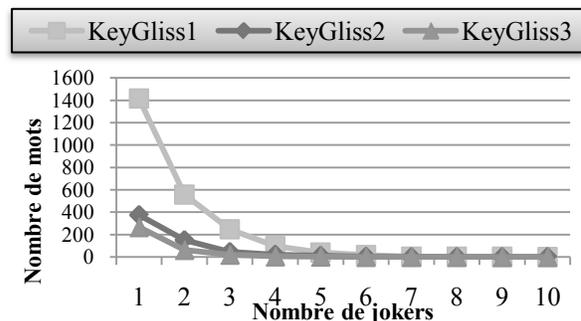
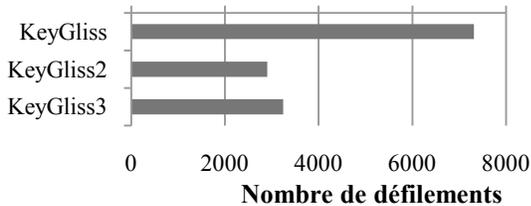


Figure 5. Nombre de jokers.

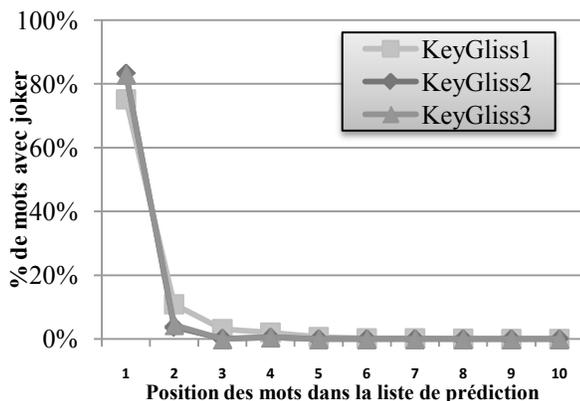
3.4.2 Nombre de défilements

La figure 6 indique le nombre de défilements nécessaires dans les variantes KeyGliss² et KeyGliss³ par rapport à KeyGliss. Comme on peut le constater 60.3% des défilements sont économisés avec KeyGliss². Ce nombre se réduit à 55.6% avec KeyGliss³. Il n'y a toujours pas de défilements avec KeyGliss¹.

**Figure 6 : Nombre de défilements (corpus de phrases).**

3.4.3 Position du mot dans la liste de prédiction

La figure 7 indique la position des mots dans la liste de prédiction. Cette fois la différence entre KeyGliss¹ et les autres versions est plus faible, avec 75% de mots en première position pour KeyGliss¹ et 83% pour les deux autres.

**Figure 7 : Position des mots dans la liste de prédiction (corpus de phrases)**

Cela implique que, pour l'écriture du corpus de test, l'utilisateur serait amené à corriger la proposition du système dans 25% des cas avec KeyGliss¹ et 17% des cas avec KeyGliss² et KeyGliss³. Les performances que l'on peut obtenir dépendent donc du coût de cette opération de choix.

Les valeurs obtenues par le corpus de test sont très proches de celles du dictionnaire. On constate cependant quelques différences. Dans le cas de KeyGliss¹, 0.67% des mots ont une position supérieure à 10 (maximum 24), contre aucun pour KeyGliss² et KeyGliss³. Enfin 164 mots se sont révélés hors dictionnaire : le système n'a pas pu fournir le mot correct. La majorité de ces mots sont des mots avec apostrophe qui ne figurent pas dans le dictionnaire, une solution serait de les y ajouter. Sinon, en l'absence d'une interaction adaptée, l'utilisateur doit les entrer sans joker.

4. PROTOTYPE ET CAS D'UTILISATION

Nous présentons en démonstration un prototype de clavier dans lequel nous intégrons une touche joker. Afin de se concentrer sur l'intérêt du joker, le prototype est simplifié. Il est simplement

composé de 8 touches, dont une touche joker, et propose également une navigation par pages pour permettre l'écriture de mots hors dictionnaire. Ces touches sont sélectionnables par un simple clic.

Le cas d'utilisation est composé de deux modes, un premier permettant à l'utilisateur de saisir librement du texte, le second propose à l'utilisateur une série de phrases à recopier. Ces phrases sont choisies pour contenir des mots avec joker et des mots sans.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En se basant sur KeyGliss, un clavier multipage, nous proposons une solution afin de diminuer le nombre de changements de pages. L'idée est d'utiliser un joker qui représente tout caractère non présent sur la page. L'usage d'un dictionnaire doit permettre la désambiguïsation. L'usage du joker n'est pas obligatoire, il est à la discrétion de l'utilisateur. Les simulations montrent qu'il permet de baisser considérablement le nombre de défilements. De plus son usage dès le premier caractère (KeyGliss¹) fournit relativement souvent le mot désiré en première position (75% des cas), ce qui semble intéressant.

Afin d'améliorer la proposition, le travail de simulation va se poursuivre en agissant sur d'autres paramètres comme le nombre de lettres affichées par page, plusieurs types de jokers (un joker consonnes et un joker voyelles par exemple), etc. Une interaction dédiée pour la désambiguïsation est à l'étude afin de pouvoir sélectionner un mot différent dans la liste de prédiction. La désambiguïsation sera faite au niveau de chaque joker et non au niveau du mot afin de limiter les interactions à mettre en œuvre. Sur le même principe, nous devons proposer une interaction adaptée dans le cas où le mot à écrire n'appartient pas au dictionnaire. La solution adoptée sera alors évaluée en situation réelle avec un panel d'utilisateurs.

6. REFERENCES

- [1] CorpaText. Available at : <http://www.lexique.org>
- [2] Dictionnaire Français-GUTenberg. Available at : <http://www.pallier.org/ressources/dicofr/dicofr.html>
- [3] Gilbertz, C., Bucci, A., Martin, B. KeyGliss : un clavier ambigu prédictif basé sur un appui-glissé. In *Proc. of IHM 2010*, ACM Press, 133-136, 2010.
- [4] Kuschler, C., AAC Using a Reduced Keyboard, In *Proc of Technology and Persons with Disabilities Conference*, 1998.
- [5] MacKenzie, I. S., and Soukoreff, R. W. Text entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice. *Human-Computer Interaction*, vol. 17, 147-198, 2002.
- [6] MacKenzie, I. S., Kober, H., Smith, D., Jones, T., and Skepner, E. LetterWise: prefix-based disambiguation for mobile text input. In *Proc. of UIST '01*, ACM Press, 111-120, 2001.
- [7] Martin, B. and Pecci, I. *État de l'art des claviers physiques et logiciels pour la saisie de texte*. Revue RIHM, vol. 8, n°2, 147-205, 2007.
- [8] Tinwala H. and MacKenzie, I. S. Eyes-free Text Entry with Error Correction on Touchscreen Mobile Devices. In *Proc. NordiCHI 2010*. 511-520, 2010.

Interaction sur Dispositifs Mobiles : glisser-déposer devant/derrière bi-manuel

Quentin Sauret, Jérémie Francone, Laurence Nigay

Université Joseph Fourier Grenoble 1

Laboratoire d'Informatique de Grenoble LIG UMR 5217, Grenoble, F-38041, France

{quentin.sauret, jeremie.francone, laurence.nigay}@imag.fr

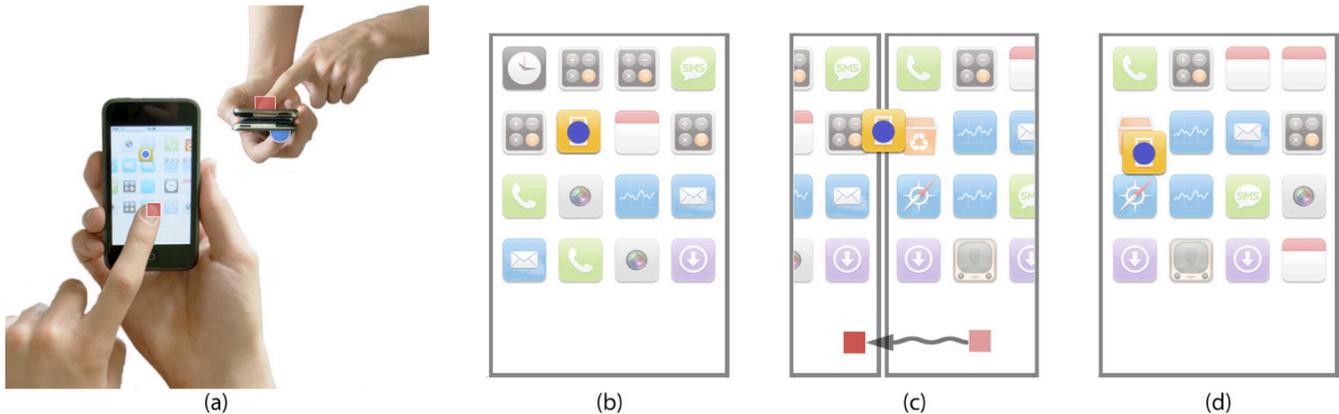


Figure 1. (a) L'utilisateur tient le dispositif mobile de sa main dominante et interagit avec les deux mains simultanément. (b) L'utilisateur sélectionne une icône avec l'index sur la face arrière. Il maintient l'index appuyé : l'icône est "collée" au bout de son doigt. (c) Avec sa main non dominante, l'utilisateur fait défiler les pages par un geste de défilement en effectuant des mouvements horizontaux (carré rouge). (d) L'utilisateur déplace son index pour faire glisser l'icône sélectionnée sur la cible (corbeille).

RESUME

La technique d'interaction étudiée sur dispositifs mobiles de type smartphone repose sur deux surfaces tactiles : l'écran tactile des téléphones actuels et une surface tactile au dos du téléphone. L'ajout d'une surface tactile au dos du téléphone offre de nombreuses possibilités d'interaction que nous étudions sous l'angle de la multimodalité. Dans ce contexte, nous étudions l'interaction bi-manuelle (ou à 2 doigts) et synergique pour une tâche de déplacement d'une icône dans des pages d'icônes. Reposant sur la métaphore de l'icône collée au bout de l'index de la main dominante sur la surface arrière, la main non dominante fixe le référentiel d'interaction en faisant défiler les pages par des gestes de défilement sur la surface de devant. Une expérimentation comparative montre des résultats encourageants en terme de temps de sélection.

Mots clés

Dispositif Mobile, Interaction Tactile, Interaction sur la Face Arrière du Dispositif, Interaction Bi-manuelle, Multimodalité.

ABSTRACT

We study interaction techniques for mobile devices such as

Companion Proceedings of *IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine*, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

smartphones that rely on both a front and a rear touch surfaces used simultaneously. The additional rear touch surface offers new possibilities for multimodal interaction techniques. We present a bi-manual (or two-finger) technique for drag-and-drop tasks. The dominant hand holds the device: the user can select and drag an icon by touching the rear surface with his index. The user can simultaneously flip icon pages by using his non-dominant hand on the front surface. We experimentally showed that this technique is faster than the traditional front-surface-only technique.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – interaction styles.

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Handheld Device, Behind-the-surface Interaction, Tactile Interaction, Two-Handed Interaction, Multimodality.

1. INTRODUCTION

Accompagnant l'augmentation des capacités des dispositifs mobiles (processeur, mémoire), l'utilisateur gère un nombre croissant d'applications et de données multimédia sur les dispositifs mobiles devenus multi-fonction. Ce constat motive les recherches visant à augmenter les capacités interactionnelles des dispositifs mobiles, limitées par un écran de taille réduite, l'absence de clavier et la situation d'usage mobile. Dans ce contexte, nous nous intéressons à l'interaction multi-surface, avec une surface tactile au dos du dispositif en plus de l'écran tactile

des dispositifs mobiles actuels. De telles surfaces tactiles au dos du dispositif sont par exemple annoncées dans la prochaine console de jeu portable PlayStation Vita.

De nombreuses études sont consacrées à l'interaction avec deux surfaces tactiles disposées devant et derrière un dispositif mobile. Notons que l'interaction multi-surface a été étudiée pour des dispositifs non mobiles comme l'interaction « sous la table », une main dessus et une main dessous [12]. Sur dispositifs mobiles, deux surfaces permettent d'envisager des interactions bi-manuelles ou à deux doigts qui vont au-delà de l'interaction bi-manuelle Dual Touch sur l'écran tactile de face décrite dans [4]. Parmi ces techniques d'interaction multi-surface, nous distinguons le cas de l'écran semi-transparent permettant de voir les doigts de l'utilisateur comme LucidTouch [11], du cas où les doigts sur la face arrière ne sont pas visibles et impliquent d'afficher un retour visuel correspondant à la position des doigts sur la face arrière, comme les techniques HybridTouch [9] et Dual-Surface [14]. Enfin, plusieurs techniques sur dispositifs mobiles sont dédiées à des tâches particulières comme la manipulation d'objets 3D [7] ou la saisie de texte [6].

Dans cet article, nous nous concentrons sur des tâches de manipulation directe comme un glisser-déposer. Le glisser-déposer est une tâche relativement fréquente sur dispositif mobile : déplacement d'une icône, d'un point d'intérêt sur une carte, d'un rendez-vous ou encore d'une partie d'un texte. En outre, nous considérons le même pouvoir d'expression sur les faces avant et arrière, contrairement aux techniques HybridTouch [9] et Dual-Surface [14] qui considèrent la face arrière comme un trackpad pour des mouvements relatifs. En focalisant notre approche sur la multimodalité, avec une modalité sur la face avant et une sur la face arrière, nous proposons une approche systématique pour explorer l'espace des possibilités et présentons une nouvelle technique d'interaction pour effectuer un glisser-déposer multi-surface d'une icône, que nous avons partiellement expérimentée.

2. CONCEPTION DE LA TECHNIQUE GLISSER-DEPOSER DEVANT/DERRIERE

Nous adoptons le point de vue de la multimodalité sur l'interaction exploitant les surfaces tactiles avant et arrière. Deux modalités reposant chacune sur une surface (devant/derrrière) sont alors disponibles. En nous reposant sur l'espace de conception 2M [2] dédié à l'interaction bi-manuelle, nous considérons quatre niveaux d'abstraction :

- Le canal gestuel : Main dominante / Main non dominante.
- Le dispositif : Surface de devant / Surface de derrière.
- Le langage : Manipulation directe.
- La tâche : Tâche réalisée par une des deux modalités.

Comme première étude des possibilités d'interaction ainsi délimitées par notre espace de conception et, comme pour la technique Dual-Surface [14], nous considérons la manipulation directe comme langage d'interaction. Les deux modalités (face avant, face arrière) ont alors le même pouvoir d'expression, contrairement aux techniques Dual-Surface [14] et HybridTouch [9], où la face avant permet le pointage absolu avec la main non dominante et la face arrière le pointage relatif avec la main dominante. Pour notre étude, les positions du doigt sur la face arrière correspondent donc à du pointage absolu (comme la face avant) et la position est affichée par un curseur sur la face avant (disque bleu sur la Figure 1).

Les choix de conception consistent alors (1) à assigner la face avant ou la face arrière à la main dominante ou non dominante et (2) à affecter les deux modalités obtenues à des tâches, (3) à choisir la combinaison des modalités selon les cinq schémas de composition de modalités [10] issus des relations d'Allen [1].

Nous concentrons notre étude sur la tâche de glisser-déposer d'une icône. L'utilisateur doit sélectionner une icône (sous-tâche T1), glisser l'icône de page en page (sous-tâche T2), déposer l'icône (sous-tâche T3) sur la cible (par exemple la corbeille).

Notre technique multi-surface consiste à sélectionner l'icône à déplacer (T1) avec l'index de la main dominante sur la face arrière (Figure 1 (b)). En laissant le doigt appuyé sur la face arrière, l'icône reste attachée, comme collée au bout du doigt. Tout en maintenant le doigt appuyé, l'utilisateur fait défiler avec sa main non dominante les pages par des gestes de défilement sur la face avant (Figure 1 (c)). La tâche T2 est alors effectuée en utilisant deux modalités de façon synergique et plus précisément de façon coïncidente dans l'espace de composition de modalités décrit dans [10]. Enfin lorsque la cible est affichée sur la face avant, l'utilisateur glisse l'icône sur la cible avec sa main dominante par un glissement de l'index sur la face arrière (tâche T3) (Figure 1 (d)).

Dans l'espace des possibilités pour les trois sous-tâches du glisser-déposer, le rationnel de conception de notre technique repose sur les principes suivants :

- En nous basant sur la division asymétrique du travail bi-manuel exposé par l'application du modèle de la chaîne cinématique à l'interaction bi-manuelle [3], la main non dominante fixe le contexte (tâche T2, défilement des pages), tandis que la manipulation proprement dite est effectuée par la main dominante (tâches T1 et T3). De plus la main dominante termine l'action.
- L'usage synergique des deux modalités exploitant les atouts de chaque modalité [5] permet un gain de temps en augmentant la bande passante entre l'utilisateur et le système.
- L'interaction avec la surface arrière pour sélectionner l'icône (tâche T1) ou la cible (tâche T3) permet de résoudre le problème de l'occultation de la cible (problème du « fat finger » [8]).
- La technique repose sur une métaphore intuitive où l'icône à déplacer est comme collée au bout de l'index.
- La technique n'oblige pas l'utilisateur à utiliser les deux surfaces. Le glisser-déposer peut être fait qu'avec la face arrière ou qu'avec la face avant. Ainsi pour des icônes de taille suffisamment importante pour éviter les problèmes d'occultation de la cible par le doigt, l'utilisateur privilégiera la technique classique du glisser-déposer sur la face avant. De plus l'utilisateur peut choisir la modalité face avant ou celle face arrière selon l'accessibilité de l'icône à déplacer. Lors de notre évaluation expérimentale, nous avons restreint ces possibilités (seul le cas bi-manuel a été évalué).
- La technique, bien que conçue pour être bi-manuelle peut n'être utilisée qu'avec la main dominante. L'utilisateur fait défiler les pages par un mouvement horizontal du pouce sur la face avant. L'interaction à une main a été observée principalement pour des hommes ayant des mains plus grandes que les femmes.

Bien que motivés par un ensemble de principes, nous identifions aussi des problèmes interactionnels potentiels issus de nos choix de conception :

- Contrairement à la propriété du modèle de la chaîne cinématique appliquée à l'interaction bi-manuelle, la main non dominante intervient après que la main dominante agit.
- L'utilisateur doit tenir le dispositif avec la main dominante et interagir avec l'index de sa main dominante sur la face arrière. Cette posture va à l'encontre de l'interaction avec le stylet où l'utilisateur tient le dispositif de la main non dominante et le stylet de la main dominante comme dans l'interaction multi-surface bi-manuelle HybridTouch [9]. Notons cependant que dans le cas d'interaction avec le doigt et non un stylet, l'utilisateur tient son dispositif de la main dominante comme pour la technique multi-surface à une main Dual-Surface [14].
- La technique élimine le problème d'occultation [8] avec l'interaction sur la face arrière mais ne résout que partiellement le problème de l'atteignabilité [14] de l'icône et de la cible avec l'index sur la face arrière. De plus, il a été montré dans [13] que les gestes verticaux avec l'index sur la face arrière sont plus difficiles (erreur et vitesse) à réaliser que les gestes horizontaux. Néanmoins le mouvement de l'index sur la face arrière a été montré globalement meilleur que celui du pouce sur la face avant [13]. Notre technique ne résout donc que très partiellement le problème d'atteignabilité en proposant à l'utilisateur de choisir la face avant ou arrière selon la position de l'icône ou de la cible.

Aussi les atouts et inconvénients de nos choix de conception pour la technique du glisser-déposer nécessitent d'être validés expérimentalement. Comme première expérience, nous nous sommes focalisés sur le temps d'interaction avec l'usage synergique des deux modalités faces avant et arrière qui a été notre motivation première à étudier l'interaction multi-surface sous l'angle de la multimodalité.

3. EXPERIMENTATION

Le but de cette première expérience était d'évaluer le temps de réalisation d'une tâche de déplacement d'une icône sur une cible située dans une autre page. Dans cette expérimentation, nous n'avons pas mesuré le nombre d'erreurs mais uniquement les temps de réalisation. Sachant que notre technique synergique résout le problème d'occultation, notre hypothèse est d'obtenir des temps de réalisation meilleurs avec notre technique qu'avec la technique classique, grâce à l'usage synergique de deux modalités.

3.1 Matériel, tâche et sujets

Pour implémenter notre technique bi-manuelle, nous avons utilisé un dispositif composé de deux iPod Touch attachés par le dos avec des velcros. La Figure 1 (a) illustre le dispositif. Les deux appareils communiquent entre eux via un réseau Wi-Fi local.

L'expérimentation que nous avons menée vise à comparer notre technique avec la technique existante sur dispositifs mobiles de type iPhone. Cette dernière permet de déplacer une icône en la touchant puis en la déplaçant. Le changement de page s'effectue automatiquement lorsque l'on attend un court instant sur l'un des bords (gauche ou droite) de l'écran tout en maintenant l'icône sous le doigt. Le passage d'une page à l'autre est accompagné d'une courte animation.

Pour les deux techniques, le stimulus consistait en une icône « baladeur » de couleur orange à déplacer dans la corbeille de couleur rouge (Figure 1) située trois écrans plus loin à droite de l'écran de départ. Les deux icônes pouvaient apparaître à n'importe quelle position sur la grille d'icônes. La consigne

donnée aux participants était de déplacer aussi vite et précisément que possible l'icône orange dans la corbeille. Le temps entre le début de la sélection (l'icône baladeur est touchée) et la fin de la sélection (relâchement dans la corbeille) a été mesuré.

Douze participants bénévoles, âgés de 20 à 25 (2 femmes et 10 hommes), ont pris part à cette expérience. Tous étaient droitiers.

3.2 Conditions et procédures

Sur les 12 participants, la moitié a commencé par la technique bi-manuelle synergique tandis que l'autre moitié a commencé par la technique classique. Avant chaque partie, les participants ont pu se familiariser avec la technique et recevoir quelques explications sur son fonctionnement.

Pour chaque technique, l'expérimentation était divisée en 4 blocs classés *a priori* par ordre de difficulté croissante (d'après nos premières évaluations informelles). Ces blocs sont définis par la position (zone haute ou zone basse) de l'icône de départ (baladeur) et de l'icône d'arrivée (corbeille) dans la grille d'icônes (Figure 2). La grille d'icônes est de taille 4x8 ; la zone haute correspond aux 4 premières lignes et la zone basse aux 4 dernières. Pour chaque bloc, 8 essais étaient sélectionnés au hasard parmi les 64 possibilités. Cela donne un total de 768 sélections. Les participants ont réalisé l'expérience sur notre dispositif, en position assise sans s'aider d'un support.

Technique avec les deux surfaces		Technique classique sur la face avant uniquement	
	Configuration		Configuration
Bloc 1	Haut Haut	Bloc 5	Haut Haut
Bloc 2	Haut Bas	Bloc 6	Bas Bas
Bloc 3	Bas Bas	Bloc 7	Haut Bas
Bloc 4	Bas Haut	Bloc 8	Bas Haut

Figure 2. Procédure d'expérimentation en deux parties : (1) Tâches de glisser-déposer avec la technique bi-manuelle [Bloc 1 à bloc 4] (2) Tâches avec la technique classique sur la face de devant uniquement [Bloc 5 à Bloc 8]. La configuration « Haut Bas » signifie que l'icône à déplacer est située en haut de l'écran (l'une des deux premières lignes de la grille) tandis que la corbeille est située en bas de l'écran (l'une des deux dernières lignes de la grille).

3.3 Résultats : Temps de réalisation

Une ANOVA montre que notre technique est significativement plus rapide que la technique classique ($F_{1,763} = 6.96, p < .0085$). La figure 4 montre le temps moyen de sélection pour les deux techniques (4.08s contre 4.22s). L'écart type pour notre technique est cependant relativement élevé (0.88 contre 0.53), ce qui incite à affiner les résultats pour chaque bloc.

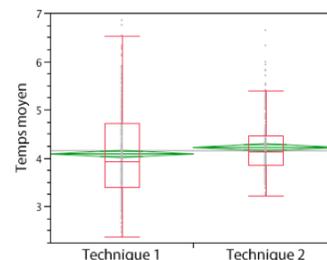


Figure 4. Temps moyen selon la technique utilisée. La technique 1 représente notre technique multi-surface tandis que la technique 2 représente la technique classique.

Le temps de sélection par bloc présente des différences significatives ($F_{7,757} = 5.27, p < .0001$). Une ANOVA sur les blocs de configuration similaire démontre que le bloc 1 est significativement plus rapide que le bloc 5 ($F_{1,189} = 18.41, p < .0001$) (départ et arrivée en haut de l'écran). Toutefois, il n'y a pas d'effet significatif sur les temps de sélection entre les autres blocs de même configuration (blocs 2 et 7, blocs 3 et 6, blocs 4 et 8) bien que la tendance soit plutôt favorable à notre technique ($p < .08$ pour ces trois configurations). Notre technique est donc plus rapide que la technique de référence pour les glisser-déposer qui se déroulent dans la partie haute de l'écran, mais elle reste comparable à la technique de référence pour les autres déplacements. La Figure 3 illustre ces résultats. Les écarts-types élevés observés sur les quatre blocs de notre technique indiquent probablement un manque d'expertise de certains participants face à cette nouvelle technique d'interaction.

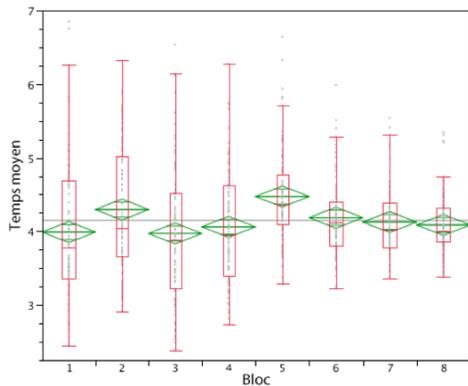


Figure 3. Temps moyen par bloc.

3.4 Retour Utilisateur

Un questionnaire a été proposé aux participants à l'issue de l'expérimentation de chaque technique. Cinq participants ont eu l'impression d'aller plus vite avec notre technique qu'avec la technique classique. Cinq participants ont remarqué qu'il est plus facile de viser la corbeille lorsque la main ne cache pas l'écran. Deux participants trouvent que la technique multi-surface n'est pas naturelle, trois indiquent que l'idée est originale. Enfin, quatre participants ont remarqué que les déplacements vers le bas sont difficiles à réaliser avec notre technique. Quatre participants n'ont utilisé qu'une seule main, utilisant le pouce sur la face avant pour faire défiler les pages. Cette possibilité d'interaction à une main est particulièrement importante [14] et doit être approfondie avec un dispositif moins épais et lourd que deux iPod juxtaposés.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Exploitant deux surfaces tactiles sur dispositifs mobiles, nous avons présenté une nouvelle technique d'interaction bi-manuelle / à deux doigts et synergique pour une tâche de glisser-déposer d'une icône. Les premiers résultats expérimentaux sur les temps de réalisation en comparaison d'une technique classique sur la face de devant sont encourageants. Les erreurs doivent maintenant être considérées. Plusieurs variantes de la technique sont envisagées comme une approche mixte où l'utilisateur pourrait désigner la cible avec la face avant (pick&drop) plutôt que de glisser l'icône avec l'index sur la face arrière. De plus, sans gestion de mode sur la face arrière, il convient de noter que l'utilisateur peut déplacer une icône par erreur en tenant simplement le dispositif. Ce problème n'a pas été observé lors des

expérimentations, sans doute car notre dispositif est assez épais pour être tenu par la tranche et que les utilisateurs étaient en situation d'expérimentation contrôlée en laboratoire.

Enfin nous sommes particulièrement intéressés à poursuivre l'exploration des possibilités d'interaction avec deux surfaces sur dispositif mobile de façon systématique selon notre espace de conception à quatre niveaux d'abstraction.

5. REFERENCES

- [1] Allen, J. 1983. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. *Communication of the ACM*, 26,11 (Nov. 1983), 832-843.
- [2] Bailly, G., Nigay, L., Auber, D. 2005. 2M : un Espace de Conception pour l'Interaction Bi-Manuelle. *Actes de UBIMOB 2005*. ACM, New York, NY, 166-173.
- [3] Guiard, Y. 1987. Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model. *Journal of Motor Behavior*, 19 (1987), 486-517.
- [4] Matsushita, N., Ayatsuka, Y., Rekimoto, J. 2000. Dual Touch : A Two-Handed Interface for Pen-Based PDAs. *In Proc. of UIST 2000*. ACM, New York, NY, 211-212.
- [5] Oviatt, S. 1999. Ten Myths of Multimodal Interaction. *Communications of the ACM*, 42, 11 (Nov. 1999), 74-81.
- [6] Scott, J., Izadi, S., Rezai, L. S., Ruszkowski, D. Bi, X., Balakrishnan, R. 2010. RearType: text entry using keys on the back of a device. *In Proc. of MobileHCI 2010*. ACM, New York, NY, 171-179.
- [7] Shen, E., Sung-Sheng, T., Chu, H-H., Hsu, J. Y-J., Chen, C. 2009. Double-side multi-touch input for mobile devices. *In Proc. of CHI EA 2009*. 4339-4344.
- [8] Siek, K., Rogers, Y., Connelly, K. H. 2005. Fat finger worries : How older and younger users physically interact with PDAs. *In Proc. of INTERACT 2005*. Springer Berlin, Vol. 3585, 267-280.
- [9] Sugimoto, M., Hiroshi, K. 2006. HybridTouch : an intuitive manipulation technique for PDAs using their front and rear surfaces. *In Proc. of MobileHCI 2006*. ACM, New York, NY, 137-140.
- [10] Vernier, F., Nigay, L. 2001. A Framework for the Combination and Characterization of Output Modalities. *In Proc. of DSVIS'01*. Springer Berlin, Vol. 1946, 35-50.
- [11] Wigdor, D., Forlines, C. Baudisch, P., Barnwell, J., Shen, C. 2007. LucidTouch : A See-Through Mobile Device. *In Proc. of UIST 2007*. ACM, New York, NY, 269-278.
- [12] Wigdor, D., Leigh, D., Forlines, C., Shipman, S., Barnwell, J., Balakrishnan, R, Shen, C. 2006. Under the table interaction. *In Proc. of UIST 2006*. ACM, New York, NY, 259-268.
- [13] Wobbrock, J. O., Myers, B. A., Aung, H. H. 2008. The performance of hand postures in front- and back-of device interaction for mobile computing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66 (2008), 857-875.
- [14] Yang, X-D., Mak, E., Irani, P., Bischof, W. F. 2009. Dual-Surface Input : Augmenting One-Handed Interaction with Coordinated Front and Behind-the-Screen Input. *In Proc. of MobileHCI 2009*. ACM, New York, NY, Article No 5.

Interfaces Adaptatives pour des Contextes Hautement Collaboratifs et Mobiles

Thomas Altenburger

Université Paul Verlaine de Metz
UFR MIM – Laboratoire LITA
Ile du Saulcy
57012 Metz Cedex, France

Centre de Recherche Public Henri Tudor
29, avenue John F. Kennedy
L-1855 Luxembourg-Kirchberg, Luxembourg

Tel. +352-42 59 91 - 669

thomas.altenburger@tudor.lu

RESUME

Nous vivons dans un monde d'interactions, entourés d'appareils électroniques qui s'accumulent au même titre que la complexité de ces interactions. De plus, les utilisateurs désormais mobiles évoluent dans des environnements divers et variés. Ceci est d'autant plus complexe dans le cadre d'activités collaboratives où toutes ces conditions et restrictions peuvent mettre un frein à la productivité. Ce projet de thèse explore l'utilisation d'interfaces adaptatives pour pallier à ce problème.

Mots clés

IHM, Sensibilité au Contexte, Interfaces Adaptatives, Collaboration, Ingénierie Dirigée par les Modèles.

ABSTRACT

We are living in a world of interactions, surrounded by electronic devices which are getting numerous and are complicating interactions. Moreover, the users are now mobile, evolving in multiple changing environments. The problem is even more complex when it comes to collaborative tasks where these conditions can inhibit productivity. This PhD project explores the usage of adaptive interfaces to address this problem.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation] User Interfaces – Theory and Methods.

General Terms

Algorithms, Design, Human Factors, Theory.

Keywords

HCI, Context-Awareness, Adaptive Interfaces, Collaboration, Model-Driven Engineering.

1. INTRODUCTION

Nous vivons dans un monde d'interactions dans lequel les

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

appareils électroniques nous entourent et nous suivent dans nos déplacements pour nous assister dans nos activités. Cet environnement implique une diversité des Interactions Homme-Machine (IHM) qui vont être utilisées dans des contextes d'utilisation divers et variés, et surtout changeants. Autant de conditions qui complexifient les interactions au détriment de l'utilisateur, mais aussi des concepteurs. C'est à partir de ce constat que des paradigmes d'interaction comme « l'informatique diffuse » [22] et des théories comme « l'action située » [19] ont été proposés.

De ces propositions est né le pan de recherche des interfaces adaptatives, c'est-à-dire des interfaces capables de réagir aux changements de contexte d'utilisation en ajustant leur présentation et/ou les services proposés, ceci afin de préserver l'utilisabilité à travers différents contextes. La collaboration représente un contexte plus complexe que les considérations habituelle : les organisations sont variées et flexibles et les interactions en dépendent. Ces particularités représentent encore des challenges de recherche en adaptation.

Mon projet de thèse « Interfaces Adaptatives pour des Contextes Hautement Collaboratifs et Mobiles » vise à proposer des interfaces adaptables au contexte particulier de la collaboration dans lequel les utilisateurs sont bien souvent mobiles. La première partie de cet article est consacrée aux notions de contexte et d'interface adaptative. La seconde fait l'objet des particularités de la collaboration vis-à-vis des interfaces adaptatives. Enfin, ma proposition s'oriente vers le support de ces particularités dans un cadre de référence pour l'adaptation d'interfaces.

2. L'ADAPTATION AU CONTEXTE

Dans son approche de « l'informatique diffuse », Marc Weiser [22] suggère que l'Homme puisse continuer à interagir sans difficulté dans un milieu surpeuplé d'informatique grâce à des interfaces si intuitives qu'elles s'effacent aux yeux de l'utilisateur. Pour cela, celles-ci doivent devenir intelligentes, être capables de connaître l'utilisateur et son environnement, afin d'être autonomes. Dès lors, on parle de sensibilité au contexte.

2.1 Le Contexte d'Utilisation

En conception logicielle, la définition la plus admise du terme « contexte » est donnée par Dey & Abowd [5] et se traduit ainsi : « le contexte est toute information qui peut caractériser une entité vis-à-vis d'une interaction ». Le contexte est communément scindé en trois composantes : l'environnement physique (i.e. la température, la luminosité...), l'environnement matériel (i.e. les caractéristiques techniques de l'appareil hébergeant l'interface) et l'utilisateur (i.e. son identité, ses préférences, ses compétences...).

2.2 La Sensibilité au Contexte

Le contexte est une source d'informations importante pour une interaction. Il peut permettre à un système de proposer des services pertinents (ex. notifier l'utilisateur de la proximité d'un magasin sur la base de sa géo-localisation et de ses goûts). On parle alors de « sensibilité au contexte » qui se définit comme suit : « un système est dit sensible au contexte s'il utilise le contexte pour fournir des services et/ou des informations utiles à l'utilisateur, où l'utilité est relative à la tâche de l'utilisateur » (traduit de [5]).

2.3 Les Interfaces Adaptatives

Héritières des systèmes sensibles au contexte [5], les interfaces adaptatives suggèrent des interfaces capables d'ajuster leur présentation, les données ou les formes de dialogues pour mieux subvenir aux changements dans le contexte d'utilisation. Plusieurs définitions de l'adaptation existent et dépendent des approches du problème. Là où Stephanidis et al. [18] parlent d'« adaptivité », Thevenin & Coutaz [20] parlent de « plasticité » des interfaces dans leur approche d'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM). Mes travaux s'orientent vers cette dernière approche car la plasticité aborde le problème d'une manière descendante (*top-down*) centrée sur les tâches et les activités, ce qui me semble être une méthode appropriée dans la prise en compte de la collaboration. De plus, l'IDM véhicule des valeurs intéressantes telles que l'extensibilité, la réutilisabilité et la généricité. Les modèles pour la plasticité se décomposent en plusieurs niveaux d'abstraction d'une interface. Le plus haut niveau d'abstraction consiste en un modèle de tâches décrivant l'interaction et les concepts manipulés. Ce modèle est alors réifié par des transformations en différents niveaux d'abstraction inférieure d'une interface pour aboutir à une interface finale utilisable. Ces réifications dépendent du contexte, lui-même modélisé et représentant l'utilisateur, son environnement physique et l'appareil accueillant l'interface [4]. Ainsi, le modèle de tâches fera générer une interface adaptée aux préférences utilisateur, aux conditions environnementales et aux restrictions matérielles (voir Figure 1).

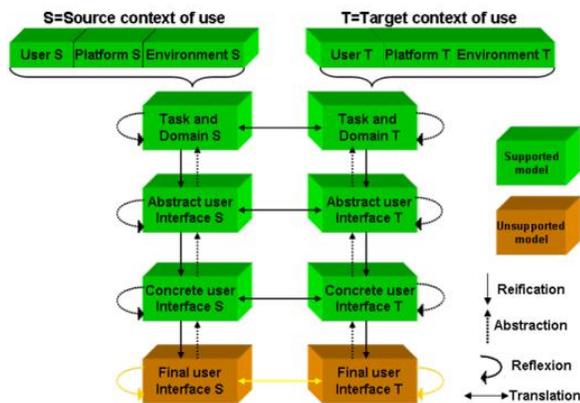


Figure 1. Le cadre de référence CAMELEON [4] (schéma adapté¹).

Les recherches sur la plasticité ont mené au projet Européen CAMELEON [4] pour aboutir au langage de description

d'interfaces UsiXML [12] supportant la modélisation des concepts en Figure 1. D'autres cadres de référence s'appuient sur une approche descendante tels que TERESA [15], UseML [13], MANTRA [3] et Malai [2].

Mes travaux s'orientent vers l'utilisation d'UsiXML car ce langage bénéficie d'une bonne couverture scientifique et d'un suivi actif dans sa spécification.

3. S'ADAPTER A LA COLLABORATION

3.1 Un Contexte Particulier

La collaboration représente un contexte particulier qui va au delà des considérations habituelles (i.e. environnement physique, matériel et utilisateur), notamment lorsque l'on aborde le sujet des organisations flexibles. Comme le relève Mintzberg [14], une organisation peut être complexe et flexible : les acteurs sont de tous horizons, ont des tâches différentes et leur organisation peut être variable suivant les conditions d'un projet. C'est en ce sens que je parle de contexte « hautement collaboratif ».

Mes travaux de thèse trouvent leur cas d'étude dans le secteur du bâtiment qui est un parfait exemple de cette complexité [10] : divers corps de métier doivent collaborer dans des configurations différentes suivant les phases d'un projet. De plus, le contexte physique impacte particulièrement l'activité (ex. la température, ou le bruit, sont des facteurs de décisions). Les acteurs de ce secteur sont également très mobiles, ils travaillent sur divers sites (ex. chantier, cabane de chantier, bureau d'étude...) aux conditions différentes.

3.2 Problèmes liés aux approches conventionnelles

Les systèmes informatiques supportant des activités collaboratives sont généralement conçus comme des blocs monolithiques et ne considèrent qu'un seul contexte d'utilisation, celui pour lequel ils ont été conçus. Or, Shen et al. [17] soulèvent des problèmes dans les systèmes informatiques liés à la communication, la gestion des documents et la considération de l'organisation. Ils suggèrent qu'un bon système doit être capable de s'adapter à une organisation et de favoriser correctement la communication et la disponibilité des documents. Tarpin-Bernard [20] parle de la notion de « flexibilité » pour les collecticiels. La flexibilité s'apparente à une forme d'adaptation mais avec un étage supplémentaire, celui de l'activité collective et de l'organisation. Ainsi, la flexibilité pour les collecticiels suggère des interfaces capables de prendre en compte le caractère dynamique d'une organisation, de ses activités, de ses rôles et leur hiérarchie mais aussi de la gestion des données.

L'adaptation dans la collaboration a donc son intérêt pour favoriser la communication et la coordination. On peut toutefois identifier un manque d'un tel support dans les cadres de référence d'adaptation. La notion d'organisation n'est pas pleinement couverte et ces cadres de référence bénéficieraient d'un apport théorique sur la collaboration et comment la favoriser.

3.3 Favoriser la collaboration via l'awareness

Du point de vue du Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (TCOA), la notion de contexte d'utilisation est jugée importante pour une bonne collaboration. Sur la base de la théorie de la « situation awareness » [7], Gutwin & Greenberg [9] ont formalisé un concept qui fait consensus dans le domaine : la « conscience du groupe » (ou *group awareness*). Cette notion édicte qu'une interface collaborative doit permettre à l'utilisateur de percevoir comment sa tâche actuelle s'imbrique dans la tâche d'autrui afin

¹ Adapté de <http://www.w3.org/2005/Incubator/model-based-ui/XGR-mbui/>

de favoriser une perception de l'activité générale du groupe (i.e. savoir quel collaborateur est connecté, sa tâche courante, sa disponibilité...). Ceci permet de développer une meilleure coordination et de faciliter les échanges, couvrant ainsi le concept de 3C d'Ellis [6]. Gutwin & Greenberg ont également spécialisé cette notion sur les espaces de travail partagés en travail

4.1 Enrichir la modélisation

Sur base des travaux sur l'awareness [1] [9], le Tableau 1 synthétise les éléments essentiels à la mise en place d'awareness dans une interface. UsiXML offre déjà une couverture de la plupart de ces concepts, toutefois, un apport est possible vis-à-vis de la modélisation de l'organisation. A ce titre, on peut s'inspirer

Tableau 1. Synthèse des notions essentielles à la mise en place d'awareness.

Les personnes (social)		L'activité (task-oriented)	
Leur contexte	Leur rôle & hiérarchie	Les tâches & leur imbrication	Les ressources (le domaine)
Qui est-ce ? Qui est présent ? Où est-il ? Son état moral ?...	Quels sont leurs rôles ? Par rapport à qui ?...	Quelles sont les tâches ? Leur ordonnancement / dépendance ?...	Quelles sont les ressources manipulées et/ou nécessaires aux tâches ?...
Notion transverse : le temps et l'espace			
(Passé) Historique des actions, des états des ressources, des personnes... (Futur) Agenda des personnes, planification des tâches, accès aux ressources...			

synchrone, parlant alors de « conscience de l'espace de travail » (ou *workspace awareness*) qui représente un couplage fort où l'espace de travail est commun (i.e. un tableau blanc partagé). Ce concept précise que les actions sont perçues en temps réel, chaque utilisateur voit chaque manipulation d'autrui afin de supporter la coordination et l'accès concurrent aux données. D'autres, tels que Bardram & Hansen [1] ont spécialisé la group awareness vers l'aspect social du travail collaboratif, s'affranchissant du travail synchrone et du partage de l'espace. Ils parlent alors de « conscience sociale » (ou *social awareness*, appelée *informal awareness* chez Gutwin & Greenberg [9]). Ici, les facteurs clefs sont les utilisateurs et le partage de leur contexte (i.e. chaque utilisateur a accès à la position d'autrui, son rôle, sa tâche courante...). Toutes ces notions sont communément regroupées sous le même terme d'awareness. La Figure 2 replace ces différentes notions.

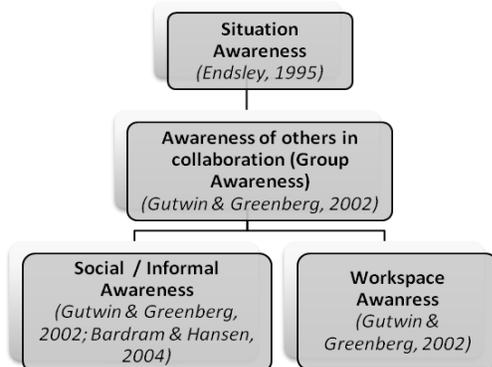


Figure 2. Ascendance des différentes notions d'awareness.

4. VERS UN SUPPORT DE L'AWARENESS DANS L'ADAPTATION

Afin de proposer des interfaces adaptatives supportant le concept de l'awareness, il convient d'explorer la descente exposée en Figure 1 et de vérifier à chaque étape la complétude du procédé vis-à-vis de l'awareness. Idéalement, la descente doit pouvoir générer une interface en influant uniquement sur le plus haut niveau d'abstraction, la modélisation des tâches et du domaine. On peut diviser cette exploration en deux temps : 1) compléter les modèles pour supporter l'awareness, 2) concevoir les transformations tirant partie des concepts ajoutés pour produire les interfaces.

d'autres travaux de modélisation de collecticiels, comme AMENITIES [8]. Penichet [16], qui a élaboré une méthodologie de conception de collecticiels se servant en partie d'UsiXML, a introduit une notion intéressante au niveau des modèles d'interface abstraite, celle de conteneur abstrait d'awareness. Cette notion permet de spécifier qu'une partie de l'interface accueillera des mécanismes d'awareness. Un mécanisme d'awareness étant l'interaction par laquelle l'awareness se fera (ex. un *widget* de liste des utilisateurs connectés). Ce conteneur abstrait pourrait être généré depuis le niveau d'abstraction supérieur et réifié en une interaction concrète. Il convient d'ailleurs de vérifier que les modèles d'interface concrète permettent de modéliser convenablement les mécanismes suggérés par Gutwin & Greenberg [9].

4.2 Proposer des transformations

Une fois la modélisation enrichie pour supporter l'awareness, proposer des interfaces adaptatives suivant le principe de la plasticité requiert un jeu de transformations (voir Figure 1) pour réifier les modèles de tâches en interfaces abstraites, puis en interfaces concrètes pour enfin pouvoir les transformer en interfaces exécutables. Pour UsiXML, ces étapes se basent sur un formalisme de transformations de graphes [11]. Mes travaux actuels se concentrent sur l'élaboration de transformations prenant en compte l'awareness. Dans l'étape de réification de modèles de tâches en interfaces abstraites, il convient de générer les bons conteneurs d'awareness abstraits (cf. [16]) lorsque cela est nécessaire (ex. prévoir un conteneur d'awareness si deux tâches différentes accèdent à la même ressource afin d'afficher l'état de cette ressource aux utilisateurs réalisant cette tâche en concurrence). Passer d'une interface abstraite à une interface concrète nécessite d'instancier des interactions pour la réalisation des tâches (i.e. des boutons, des champs de texte...). Vis-à-vis des conteneurs d'awareness abstraits, les transformations auront pour tâche de les instancier en des mécanismes d'awareness identifiés via les travaux de Gutwin & Greenberg [9].

5. TRAVAUX EN COURS

Après avoir exploré les interfaces adaptatives (la plasticité en particulier) et certaines théories du TCAO, mes travaux en cours se focalisent sur une proposition tendant vers l'apport et la modélisation de mécanismes d'awareness dans un cadre de référence existant, à savoir UsiXML. Plus particulièrement, mon apport se place au niveau de la modélisation des concepts présents

dans le Tableau 1, puis de mettre en œuvre des transformations de modèles pour générer des mécanismes d'awareness dans l'approche descendante présentée en Figure 1.

6. CONCLUSION

Nous interagissons avec des interfaces dans des contextes de plus en plus complexes, notamment lorsqu'une collaboration entre en jeu. Si les interfaces adaptatives permettent de préserver un degré d'utilisabilité à travers les contextes et pourraient favoriser la collaboration, on peut souligner un manque de considération des bases de la collaboration dans les interfaces adaptatives. Mon projet de thèse consiste à apporter une solution à ce problème, en proposant le support d'un concept de TCAO, l'awareness, dans UsiXML, un cadre de référence visant à produire des interfaces adaptatives. Ceci afin de pouvoir concevoir des interfaces collaboratives bénéficiant de capacités d'adaptation, avec l'hypothèse que de telles interfaces favorisent la communication et la coordination.

7. ACKNOWLEDGMENTS

Je remercie le Fonds National de la Recherche² du Luxembourg pour son Aide à la Formation Recherche accordée dans le cadre de ces travaux, le CRP Henri Tudor pour son accueil ainsi que mes encadrants : Benoît Martin, Annie Guerriero & Alain Vagner.

8. REFERENCES

- [1] Bardram, J. & Hansen, T. (2004), The AWARE architecture: supporting context-mediated social awareness in mobile cooperation, *in* 'Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work', pp. 192--201.
- [2] Blouin, A. & Beaudoux, O. (2010), Improving modularity and usability of interactive systems with Malai, *in* 'Proceedings of the 2nd ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems', ACM, New York, NY, USA, pp. 115--124.
- [3] Botterweck, G. & Hampe, J. (2006), Capturing the Requirements for Multiple User Interfaces, *in* 'Proc. of 11th Australian Workshop on Requirements Engineering AWARE'.
- [4] Calvary, G.; Coutaz, J.; Thevenin, D.; Limbourg, Q.; Bouillon, L. & Vanderdonckt, J. (2003), 'A unifying reference framework for multi-target user interfaces', *Interacting With Computers* Vol. 15/3, 289-308.
- [5] Dey, A. K. & Abowd, G. D. (1999), 'Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness', Technical report, Georgia Tech.
- [6] Ellis, C. & Wainer, J. (1994), A conceptual model of groupware, *in* 'Proceedings of the 1994 ACM conference on Computer supported cooperative work', pp. 79--88.
- [7] Endsley, M. (1995), 'Toward a theory of situation awareness in dynamic systems', *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 37(1), 32--64.
- [8] Garrido, J.; Noguera, M.; González, M.; Gea, M. & Hurtado, M. (2006), Leveraging the Linda Coordination Model for a Groupware Architecture Implementation, *in* Yannis Dimitriadis; Ilze Zigurs & Eduardo Gómez-Sánchez, ed., 'Groupware: Design, Implementation, and Use', Springer Berlin / Heidelberg, , pp. 286-301.
- [9] Gutwin, C. & Greenberg, S. (2002), 'A descriptive framework of workspace awareness for real-time groupware', *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 11(3), 411-446.
- [10] Kubicki, S. (2006), 'Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments', PhD thesis, Université Henri Poincaré, Nancy I.
- [11] Limbourg, Q. & Vanderdonckt, J. (2009), Multipath Transformational Development of User Interfaces with Graph Transformations, *in* Ahmed Seffah; Jean Vanderdonckt & Michel C. Desmarais, ed., 'Human-Centered Software Engineering', Springer London, , pp. 107-138.
- [12] Limbourg, Q.; Vanderdonckt, J.; Michotte, B.; Bouillon, L. & López-Jaquero, V. (2005), 'Usixml: A language supporting multi-path development of user interfaces', *Engineering Human Computer Interaction and Interactive Systems* 3425/2005, 200--220.
- [13] Meixner, G.; Seissler, M. & Nahler, M. (2009), Udit--A Graphical Editor For Task Models, *in* 'Proc. of the 4th Int. Workshop on Model-Driven Development of Advanced User Interfaces (MDDAU)', Sanibel Island, USA, CEUR Workshop Proceedings'
- [14] Mintzberg, H. & Romelaer, P. (1986), *Structure et dynamique des organisations*, Editions d'organisation.
- [15] Paterno, F.; Santoro, C.; Mantjarvi, J. & Mori, G. (2008), 'Authoring pervasive multimodal user interfaces', *International Journal of Web Engineering and Technology* 4(2), 235--261.
- [16] Penichet, V. M. R.; Lozano, M. D.; Gallud, J. A. & Tesoriero, R. (2009), 'User interface analysis for groupware applications in the TOUCHE process model', *Adv. Eng. Softw.* 40, 1212--1222.
- [17] Shen, W.; Hao, Q.; Mak, H.; Neelamkavil, J.; Xie, H. & Dickinson, J. (2010), Systems integration and collaboration in construction: a review, *in* '12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2008)', pp. 11--22.
- [18] Stephanidis, C.; Paramythis, A.; Sfyraakis, M.; Stergiou, A.; Maou, N.; Leventis, A.; Paparoulis, G. & Karagiannidis, C. (1998), 'Adaptable and adaptive user interfaces for disabled users in the AVANTI project', *Intelligence in Services and Networks: Technology for Ubiquitous Telecom Services* Volume 1430/1998, 153.
- [19] Suchman, L. (1987), *Plans and situated actions*, Cambridge University Press.
- [20] Tarpin-Bernard, F. (2006), 'Habilitation   dirig es des recherches', PhD thesis, Université Claude-Bernard Lyon I.
- [21] Thevenin, D. & Coutaz, J. (1999), Plasticity of User Interfaces: Framework and Research Agenda, *in* 'Proc. Interact99, Edinburgh, , A. Sasse & C. Johnson Eds, IFIP IOS Press Publ', pp. 110-117.
- [22] Weiser, M. (1991), 'The Computer for the 21st-Century', *Scientific American* 265 (3), 94.

² <http://www.fnr.lu/>

Comprendre et assister la genèse des instruments intellectuels numériques

Amaury Belin
 Université de Lyon
 CNRS Université Lyon 1
 UMR5205, F-69622, France
 amaury.belin@liris.cnrs.fr

RÉSUMÉ

À l'ère du numérique, la sophistication de l'activité du travailleur intellectuel se traduit notamment par celle de ses outils. Une partie importante de cette activité est alors dédiée au développement d'instruments intellectuels, capables de soutenir efficacement le travail de l'utilisateur en articulant les multiples ressources et outils mis à sa disposition dans son environnement numérique. Le développement de ces instruments passe notamment par le paramétrage des outils, la mise en place des structures informationnelles ou le développement de schémas d'utilisation. Dans le contexte du travail intellectuel sur ordinateur, nous cherchons à comprendre les phénomènes liés à cette genèse instrumentale [9] à travers l'évolution des inscriptions numériques manipulées par l'utilisateur. *In fine*, notre objectif est d'exploiter ces observations afin d'assister le travailleur dans la construction de ses instruments, et donc de son activité.

Mots clés

Genèse instrumentale, développement de l'activité, structure personnelle d'information, inscriptions de connaissances, gestion des connaissances personnelles, lecture active multimédia.

ABSTRACT

Digital era comes with sophistication of the tools that support cognitive activities. Knowledge workers spend a lot of time developing cognitive instruments able to support their activity efficiently. These instruments are made of the various tools the user has configured in a particular way, the information structures he has set up across these tools and the knowledge and skills he has developed to articulate these different items in a coherent and sustainable way. In the frame of computer-aided knowledge work, we seek to understand the phenomenon underlying this instrumental genesis [9], by analysing evolutions of data structures and tools manipulated by a user. Our main goal is to take advantage of the information produced by such analysis in order to assist the user in the construction of his instruments, and therefore, of his activity.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Systems] Information Interfaces and Presentation (I.7) – User Interfaces (D.2.2, H.1.2, I.3.6) - Theory and methods.

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

General Terms

Design, Human Factors, Theory.

Keywords

Instrumental genesis, activity development, personal information structure, knowledge inscription, personal knowledge management, multimedia active reading.

1. INTRODUCTION

Dans ce travail de thèse, ayant débuté en janvier 2010, nous¹ nous intéressons au soutien de l'utilisateur dans une activité liée à un travail intellectuel médiatisé par des dispositifs numériques. De telles activités, comme le design ou l'analyse, amènent les travailleurs intellectuels à effectuer des tâches souvent longues et non procéduralisées [10] tout en faisant face à un volume d'information croissant qui les dépasse [5]. Au détriment de la *dimension productive* de l'activité, où un individu inscrit, organise, transforme et utilise des informations personnelles dans le but d'atteindre son objectif, la sophistication des outils numériques et leur évolution constante amènent cet individu à passer de plus en plus de temps [5] dans une *dimension constructive* [9], où il doit trouver et configurer les bons outils, définir et maintenir des structures informationnelles, et développer de nouvelles compétences afin d'articuler ces éléments de façon à soutenir efficacement son activité.

Ces articulations constituent selon nous des *instruments intellectuels* que nous qualifions de *numériques*, car reposant en grande partie sur des artefacts de cette nature. De tels instruments sont propres à un utilisateur, qui doit constamment les faire évoluer dans un environnement numérique instable et dans la perspective de son activité dynamique. Nous cherchons à observer le développement de ces instruments à travers les pratiques de l'utilisateur, avec la perspective d'assister celui-ci dans la construction de son activité.

En rapport avec le projet Cinécast², dans lequel ce travail de recherche s'inscrit, notre cadre applicatif est celui de la lecture active de documents audiovisuels. La lecture active est une lecture critique dont on retire un produit (apprentissage, fiche de lecture, analyse...). Une telle activité présente des caractéristiques intéressantes par rapport à notre problématique de recherche, elle se déroule en effet sur des périodes relativement longues et implique la création de nombreuses annotations que l'utilisateur est amené à gérer à travers des structures qu'il fait évoluer afin d'accompagner son travail intellectuel [3].

¹ Ce travail de recherche est encadré par Y. Prié et PA. Champin, Maîtres de conférences en informatique à l'Université Lyon 1.

² <http://cinecast.fr/>

2. TRAVAUX LIÉS

Dans la littérature, les phénomènes liés à l'instrumentation cognitive, notamment à partir d'artefacts numériques, sont traités de façon théorique par diverses théories psychologiques (*Théorie de l'activité* [6], constructivisme piagétien) et leurs extensions dans les domaines de l'ergonomie (théorie instrumentale [9]) ou de l'IHM [6]. Nous empruntons dans notre approche plusieurs concepts issus de ces travaux, notamment la théorisation de l'activité humaine fournie par la Théorie de l'activité, ou la notion d'*instrument* de Rabardel [9] (voir notre adaptation en 5.1.1).

Dans le domaine de l'ingénierie des connaissances, la théorie du support de Bachimont [1] nous permet d'appréhender la spécificité et les implications des dispositifs numériques en tant que support d'externalisation de la pensée. La notion d'*inscription de connaissance*, considérée comme une forme inscrite intentionnellement sur un support en vue d'une interprétation, occupe une place importante dans notre approche.

Nos lectures dans le domaine du *Personal Knowledge Management*, ou plus spécifiquement par rapport au thème la lecture active multimédia, nous permettent d'aborder plus concrètement les problèmes et perspectives posés par l'instrumentation du travail intellectuel. Dans ce domaine, certaines applications liées à l'*Activity Based Computing* [2], visent une assistance à l'utilisateur dans l'organisation de ses ressources par rapport à la structure de son activité (au sens de la théorie de l'activité). La construction de l'activité est donc abordée, mais sans être considérée dans une dimension développementale, sur des temporalités étendues. Il est d'autre part intéressant de noter que plusieurs auteurs [3,10] préconisent davantage de flexibilité dans les structures de données des logiciels de gestion des connaissances personnelles, afin que le travailleur intellectuel puisse inscrire et faire évoluer plus librement, selon une conceptualisation qui lui est propre, les informations utiles à son activité. Ces préoccupations autour de la flexibilité des outils renvoient selon nous à la nécessité, pour l'utilisateur, de disposer d'une marge de manœuvre nécessaire au développement de ses propres instruments.

Ce point de vue rejoint la thématique de *l'appropriation* en ergonomie, où il est considéré que la conception d'un dispositif est finalisée par l'utilisateur qui en se l'appropriant « choisit ou redéfinit les fonctionnalités du dispositif pour donner un sens à son usage » [8]. Dans ce domaine, plusieurs auteurs, dont Folcher [4], préconisent une conception *pour l'appropriation*, qui doit nécessairement prendre en compte la composante constructive de l'activité de l'utilisateur. Des critères et outils d'analyse restent cependant à inventer afin d'aborder ces phénomènes opérant sur des temporalités relativement longues. Nos travaux pourraient constituer un apport en ce sens.

3. PROBLÉMATIQUE

Notre problématique de recherche concerne *l'assistance à l'activité constructive dans le travail intellectuel médiatisé par des dispositifs numériques*, et en particulier *le soutien du travailleur dans la constitution et le développement de ses instruments intellectuels*.

Notre idée est que l'évolution de ces instruments passe par des transformations caractéristiques dans les inscriptions manipulées par l'utilisateur. Ces transformations pouvant être observées à partir des traces d'interactions [7] de l'utilisateur, il nous semble donc envisageable de détecter certains phénomènes liés à la

construction de l'activité pendant l'interaction, et donc d'assister l'utilisateur en lui proposant par exemple une assistance réflexive.

4. PLAN DE RECHERCHE

4.1 Modéliser la genèse des instruments dans les environnements numériques

Le développement d'une activité humaine et la genèse d'instrument sont des phénomènes complexes, faisant intervenir de nombreuses dimensions (culturelle, sociale, psychologiques, cognitives...). Un premier effort consiste à établir un cadre théorique, inspiré par notre étude bibliographique, et qui synthétise notre conceptualisation particulière de ces phénomènes.

Ce cadre nous est utile afin de considérer le travail dans un environnement numérique à travers une perspective instrumentale, et afin de développer un modèle mettant en rapport les phénomènes liés à la construction de l'activité avec certaines transformations effectuées sur des inscriptions numériques et observées à partir de traces d'interaction.

Ce modèle théorique devra être validé à travers des expérimentations. Il s'agit ici de mettre en place des dispositifs d'observation et d'analyse d'une activité de lecture active basés sur notre modèle, et de confronter les résultats produits à une étude ethnographique plus classique.

4.2 Assister le travailleur intellectuel

Nous étudions ici la façon dont un utilisateur pourrait être assisté dans la dimension constructive de son activité. Il s'agit notamment de voir en quoi la détection automatique de phénomènes liés à cette dimension pourrait être utile. Sur ce point, notre réflexion tire parti de notre étude bibliographique, mais également de nos échanges avec les utilisateurs à travers les différentes expérimentations que nous mettons en place.

Le développement d'un outil d'assistance, mettant en jeu notre modèle et exploitant les traces d'interaction, afin d'offrir à l'utilisateur une assistance effective concernant la construction de son activité, constituerait une validation de notre approche générale. Une étude de terrain, où un tel outil sera déployé, et où des retours utilisateurs seront effectués, sera ici nécessaire.

5. AVANCEMENTS

5.1 Elaboration d'un cadre théorique

Nous présentons ici un aperçu simplifié de notre cadre théorique concernant la genèse instrumentale dans un environnement numérique. Nous insistons ici sur la partie qui concerne la traduction de ce phénomène au niveau des inscriptions.

5.1.1 Concepts de base.

Dans les environnements numériques, nous considérons un *artefact-outil* comme un artefact informatique offrant à un utilisateur des modalités de présentation et/ou de manipulation sur des *inscriptions*. Un *instrument numérique* est la combinaison d'un ou plusieurs artefacts avec des *schèmes d'utilisation* développés par un utilisateur. Par exemple, l'application calendrier est un artefact-outil permettant de manipuler certains types d'inscriptions, en l'occurrence des rendez-vous. L'utilisateur d'un tel outil sait l'utiliser afin d'enregistrer un rendez-vous, ou trouver une disponibilité à une date donnée ; il a développé des schèmes d'utilisation faisant de l'outil un instrument.

Les *inscriptions* forment des *structures*, celles-ci répondent à des contraintes, définies dans un *schéma*, qui peut être implicite.

5.1.2 Cinq niveaux d'inscriptions.

Lorsqu'un instrument est utilisé, une inscription existe à travers plusieurs niveaux. Ainsi par rapport à l'instrument calendrier, un rendez-vous existe au *niveau de l'enregistrement*, où il est stocké selon un format sur le disque dur de l'ordinateur. Il est mis en mémoire par un artefact-outil « calendrier » selon une forme favorisant des traitements informatiques (*niveau du calcul*). Il est restitué dans une interface sous une forme sensible pour l'utilisateur, selon une structure intelligible mise en place par le concepteur de l'artefact-outil, et respectant un ensemble de formats, conventions, métaphores ou affordances (*niveau de la restitution*). Du point de vue de l'utilisateur, le rendez-vous présenté sur l'interface est perçu dans le contexte de son activité, au cours d'une action mobilisant des schémas d'utilisation (*niveau de l'appropriation*). Ce rendez-vous peut finalement être mis en jeu par les processus cognitifs de l'utilisateur (*niveau cognitif*).

5.1.3 Tensions, écarts et circulations

À chacun des niveaux que nous venons de présenter, les rendez-vous reposent sur des structures différentes, ayant un support et un schéma spécifique (fig. 1). Des écarts peuvent apparaître entre structures et schémas de différents niveaux. À titre d'exemple, imaginons que l'utilisateur du calendrier ait pris l'habitude de mettre en lettre capitale le nom des rendez-vous qu'il considère comme importants. Il exploite ainsi les possibilités de réécriture sur le support de restitution de l'outil afin d'inscrire des propriétés qui existent de son point de vue (schéma d'appropriation), mais qui ne sont pas prises en compte par l'artefact-outil (schémas de restitution et de calcul).

Ces écarts peuvent faire naître une tension chez l'utilisateur, et rendre son instrument défaillant dans certains cas. Une tension peut être résolue à travers un jeu de transformations sur les inscriptions, que nous appelons *circulations de connaissances*. Ces transformations peuvent aussi concerner les schémas d'utilisation de l'utilisateur.

5.1.4 Exemple

Par rapport à l'exemple du calendrier, nous avons vu qu'un écart existait entre les schémas d'appropriation et de calcul. Des situations amènent parfois l'utilisateur à réorganiser son emploi du temps à partir d'une vue « semaine » où de nombreux rendez-vous sont affichés. Les rendez-vous qu'il considère comme importants, et ayant un nom composé de lettres capitales, ne ressortent pas très clairement, et l'utilisateur ne dispose pas de possibilités de filtrage ou de mise en surbrillance qui l'aideraient dans ses prises de décision. Pour l'utilisateur, une *tension* apparaît entre les structures d'appropriation et de restitution. Cette tension a pour cause un *écart* entre les schémas correspondants. Dans une situation où il doit réorganiser son emploi du temps, l'utilisateur ne parvient pas à prendre la bonne décision par manque de visibilité sur les rendez-vous importants. Dans ce cas l'instrument se révèle *défaillant*.

Dans le calendrier, l'utilisateur a organisé ses rendez-vous à travers différentes catégories. Afin de trouver une solution à son problème, il décide de créer une nouvelle catégorie « Important » dans laquelle il compte dupliquer les rendez-vous de ce type. Lorsqu'il consultera le calendrier, il ne cherchera donc plus à associer la notation en lettre capitale à des rendez-vous importants (évolution du schéma d'appropriation), mais se basera sur la nouvelle présentation des rendez-vous (évolution du schéma de restitution), exploitant la catégorisation qu'il vient de mettre en place (évolution du schéma de calcul). Il duplique ensuite les rendez-vous importants dans cette catégorie, et fait ainsi

correspondre la structure qu'il se représente comme résultante de la nouvelle catégorisation (évolution de la structure d'appropriation) à celle qui est effectivement affichée sur l'interface (évolution de la structure de restitution). Les modifications effectuées à partir de l'interface sont directement prises en compte dans la mémoire de l'ordinateur, faisant donc évoluer la structure de calcul. L'utilisateur devra enfin prendre l'habitude de créer les rendez-vous importants dans 2 catégories faisant ainsi évoluer un de ses schémas d'utilisation.

On voit à travers cet exemple comment l'utilisateur, confronté à des situations où son instrument se révèle défaillant, est amené à faire évoluer consécutivement les schémas d'utilisation de son outil, ainsi que les schémas et structures des données qu'il manipule. Notre cadre permet de voir comment ces évolutions, portant aussi bien sur des composantes informatiques qu'instrumentales, se trouvent articulées par un jeu de circulations qui révèle le développement plus général de l'activité.

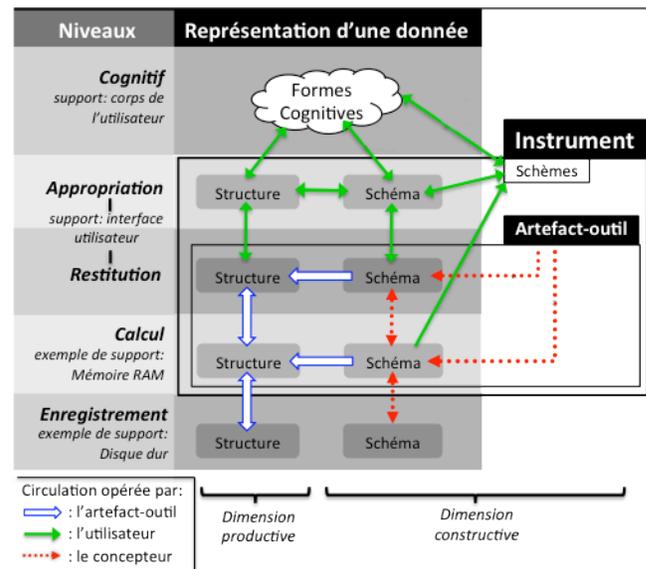


Figure 1. Activité médiatisée par un outil informatique. Un arc représente une relation Circulation(x,y), tel qu'une modification de x entraîne une modification de y.

5.1.5 Plusieurs types de circulations

Plusieurs types de circulations apparaissent selon les types d'éléments mis en jeu. Au début du cas que nous venons de prendre, nous avons par exemple un type de circulation entre schéma de restitution et schéma d'appropriation.

Dans la version complète de notre cadre, nous dressons une typologie des circulations. Certains types amènent des évolutions de l'artefact-outil, la remise en question d'un schéma d'utilisation, ou la reconceptualisation d'un schéma, et semblent ainsi liés à la dimension constructive de l'activité. D'autres types de circulations concernant la mise en adéquation de structures et semblent davantage liés à la dimension productive (fig. 1). Nous caractérisons également les circulations selon qu'elles sont opérées par l'artefact-outil, l'utilisateur, ou le concepteur. Enfin, les phénomènes de circulations peuvent se manifester à travers des horizons temporels très différents, et nous avons établi quatre temporalités à travers lesquelles il nous est possible de situer chaque type de circulation.

5.2 Étude d'une activité de lecture active

Dans le contexte du projet Cinécast, nous avons mené une étude exploratoire sur une activité de lecture active. Nous avons suivi un module d'analyse cinématographique dans deux classes de lycée où les élèves étaient équipés d'un logiciel d'annotations vidéo. Sur plus d'une dizaine de séances, nous avons mené des observations in situ et collecté l'enregistrement vidéo de l'écran ainsi que les traces d'interactions [7] sur le logiciel d'annotation.

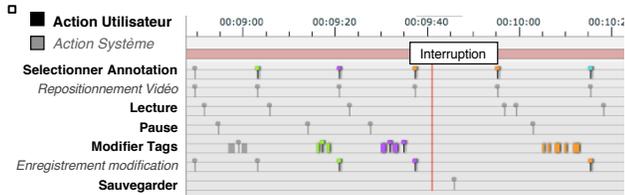


Figure 2. Visualisation d'une trace d'interaction. Exemple d'un schème interrompu.

L'activité observée s'est révélée trop courte et trop prescrite pour que les élèves abordent celle-ci dans une dimension constructive, et pour que nous puissions observer les phénomènes qui nous intéressaient. Cette expérience a cependant été bénéfique par rapport à nos travaux sur les traces d'interactions. Nous avons pu en effet mettre au point plusieurs outils de capture et d'analyse de traces, et constater leur intérêt par rapport à une analyse longitudinale d'une activité de lecture active multimédia. Les traces ont ainsi grandement amélioré la navigabilité à travers les 30 heures d'enregistrements vidéo que nous avons indexés à partir des 85 000 actions-utilisateur ayant été tracées.

Les traces d'interactions ont également été utiles afin d'identifier certains schèmes d'utilisation et de détecter leurs occurrences. Sur la figure 2, les marqueurs, représentatifs de différents types d'actions utilisateurs, forment des motifs qui nous permettent de voir ce qui selon nous constitue l'expression d'un schème d'utilisation répété par l'utilisateur. Nous avons pu analyser les moments où l'exécution d'un schème était interrompue, ainsi qu'un cas où un d'entre eux évoluait. Celui-ci est présenté dans sa version initiale sur la figure 2. La visualisation du même schème lors de la séance suivante a montré que le groupe sauvegardait systématiquement son travail après une modification, entre-temps les élèves avaient essayé une perte de données suite à un bogue du logiciel. Ce changement exprime de notre point de vue l'évolution de l'instrument que les élèves étaient en train de se constituer avec le logiciel.

6. TRAVAUX À VENIR ET CONCLUSION

Dans cet article, nous donnons un court aperçu de nos travaux sur la problématique de l'assistance à la genèse des instruments intellectuels dans un environnement numérique. Le cadre théorique que nous avons élaboré afin de représenter ce phénomène, s'inspirant de notre étude bibliographique, semble désormais assez stable pour être utilisé afin d'analyser une activité réelle. Nous travaillons sur la formalisation de ce cadre afin de produire un modèle opérationnalisable à partir des traces d'interactions produites par l'utilisateur dans le contexte particulier de la lecture active multimédia.

Nous allons prochainement mettre en place des expérimentations avec des chercheurs en cinéma, dont les activités longues et complexes devraient faire apparaître des phénomènes intéressants de notre point de vue. Nous allons équiper les utilisateurs d'un dispositif qui enregistre leurs traces d'interaction et détectera les phénomènes liés à leur activité constructive qui sont décrits par

notre modèle. Parallèlement nous mènerons une analyse selon des modalités plus classiques afin de critiquer les résultats produits par notre dispositif. Ces expériences nous permettront d'affiner progressivement notre modèle et de le valider par rapport à la détection de certains phénomènes. Elles seront également l'occasion de nous rapprocher des utilisateurs, et de travailler avec eux sur les données produites par notre dispositif d'analyse. Nous chercherons à savoir si ces données font sens pour eux, et nous aborderons ainsi la partie de notre projet consacré à l'assistance du travail intellectuel (section 4.2). Nous allons entamer par rapport à cette dernière question une réflexion sur les différentes modalités d'assistances possibles concernant le soutien à la construction de l'activité.

À l'issue de ce travail de thèse, début 2013, nous souhaitons pouvoir fournir un modèle informatique permettant de représenter les phénomènes de genèse instrumentale à partir de traces d'interactions, ainsi qu'un prototype d'outil exploitant ce modèle pour fournir à l'utilisateur une assistance effective (validée par des tests utilisateurs) concernant la dimension constructive de son activité. Un tel résultat validerait notre approche générale et pourrait donner une suite favorable à notre projet.

Accessoirement, nous espérons que nos travaux constitueront une contribution à la réflexion sur l'instrumentation de l'activité humaine par des artefacts numériques. D'autre part, les outils méthodologiques et informatiques que nous aurons développés pourraient constituer un apport concernant l'étude longitudinale des activités numériques à partir des traces d'interactions.

7. RÉFÉRENCES

- [1] Bachimont, B. 2004. Arts et sciences du numérique: Ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle. Université de Technologie de Compiègne.
- [2] Bardram, J., Bunde-Pedersen, J. et Soegaard, M. 2006. Support for activity-based computing in a personal computing operating system. Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems.
- [3] Bottini, T., Morizet-Mahoudeaux, P. et Bachimont, B. 2010. A model and environment for improving multimedia scholarly reading practices. J INTELL INF SYST (2010).
- [4] Folcher, V. 2003. Appropriating artifacts as instruments: when design-for-use meets design-in-use. Interacting with Computers. 15, 5 (2003), 647–663.
- [5] Indratmo, J. et Vassileva, J. 2008. A review of organizational structures of personal information management. Journal of digital information. 9, 1 (2008).
- [6] Kaptelinin, V. et Nardi, B.A. 2009. Acting With Technology: Activity Theory and Interaction Design. MIT Press.
- [7] Laflaquiere, J., Settouti, L.S., Prié, Y. et Mille, A. 2006. A trace-based System Framework for Experience Management and Engineering (2006).
- [8] Millerand, F. 2002. La dimension cognitive de l'appropriation des artefacts communicationnels. Internet: nouvel espace citoyen. Paris: L'Harmattan. (2002), 181–203.
- [9] Rabardel, P. 1995. Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains. Paris.
- [10] Shipman, F.M. et Marshall, C.C. 1999. Formality Considered Harmful: Experiences, Emerging Themes, and Directions on the Use of Formal Representations in Interactive Systems. COMP SUPPORT COMP W. 8, 4 (déc. 1999), 333-352.

Composition multifacette d'applications : cas appliqué à travers la manipulation des éléments des IHM

Christian Brel

Laboratoire I3S (Université Nice-Sophia Antipolis / CNRS)

930 route des Colles, BP 145

06903 Sophia Antipolis Cedex, FRANCE

brel@polytech.unice.fr

RESUME

Devant la multiplication d'applications aux fonctionnalités bien cernées, les développeurs (voire les utilisateurs) pourraient vouloir composer des applications pour obtenir des fonctionnalités plus complètes sans avoir à apporter des modifications au cas par cas. Nous identifions dans cet article, à partir d'un modèle des applications, un moyen de composer les applications en deux étapes pouvant s'effectuer à partir de trois points d'entrée. Nous choisissons la manipulation des IHM comme point d'entrée afin de mettre en pratique notre processus de composition d'applications.

Mots clés

Composition d'Applications, IHM, NF, Programmation par Composants.

ABSTRACT

With the development of specific applications, developers (and perhaps final users) would compose applications in order to obtain more useful functionalities but without making ad hoc modifications. In this paper, we want to go further by merging the different application to build a new one. This merge is possible with the application composition. From a model of applications, we propose a two steps way to compose them with three entry points. We choose here the HCI handling to put into effect our application composition process.

Categories and Subject Descriptors

H5.2 [Information interfaces and presentation]: User Interfaces. - Prototyping.

General Terms

Design

Keywords

Software Composition, HCI, FC, Component Based System Description.

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

1. INTRODUCTION

L'apparition des nombreux magasins d'applications a suscité de manière implicite de nouveaux besoins. Les utilisateurs se retrouvent face à un grand choix d'applications spécialisées, disponibles aussi bien sur le web ou sur les systèmes d'exploitations bureautiques ou mobiles. Parfois, les utilisateurs aimeraient combiner les fonctionnalités de ces applications spécialisées. Des solutions de juxtaposition des applications les une à côté des autres existent comme les solutions de Mash-up [2]. Même si elles permettent d'utiliser les applications de manière conjointe, elles ne suffisent pas à combler toutes les attentes notamment la possibilité de combiner plusieurs applications pour en créer une nouvelle comme l'illustre les exemples suivants.

Actuellement, cette combinaison se fait uniquement par l'éditeur d'application qui intègre les fonctionnalités d'applications tierces dans son application. Si nous prenons quelques applications existantes sur la place de marché du système mobile Android¹, nous pouvons constater que l'intégration des fonctionnalités de « Google Maps » (application permettant de voir une carte, y placer des points et calculer des itinéraires) est très hétérogène. L'application « Allociné » permet par exemple de repérer tous les cinémas proches de sa position, mais sans proposer d'itinéraire. L'application « Carrefour » quant à elle permet bien de voir l'itinéraire vers le magasin le plus proche mais seulement magasin par magasin, alors que l'application « Banque Populaire » permet de visualiser l'ensemble de ses distributeurs de billets et d'obtenir l'itinéraire pour tous ceux-ci. Enfin l'application, « Lynkee » permet de lire un code bar 2D directement en le photographiant mais lorsque l'information encodée dans ce code est une position géolocalisée, elle ne permet pas d'obtenir cette position sur une carte. Ainsi, pour palier à cette hétérogénéité d'intégration et de combinaison, une solution est l'adaptation de l'existant par composition.

Adapter l'existant en le composant est aussi un des leviers permettant d'augmenter la rentabilité ainsi que la rapidité de développement, réduisant ainsi le «time-to-market», à condition de préserver l'utilisabilité des applications, et de mettre à la disposition des développeurs de nouveaux outils pour la composition et la réutilisation d'applications existantes.

Dans ce papier nous présentons notre solution pour donner la possibilité de réutiliser les différentes facettes d'une application : ses fonctionnalités, ses éléments interfaces et les actions qu'elle autorise. Après un état de l'art sur la composition d'applications, nous proposons la définition d'un modèle d'application comme

¹ <https://market.android.com>

hypothèse à la composition. A partir de ce modèle, nous développons notre solution de composition des applications. Avant de conclure, nous décrivons une application de notre solution : un processus de composition d'applications où le développeur manipule les éléments de l'IHM.

2. COMPOSITION D'APPLICATIONS

Une application peut être considérée d'un point de vue ingénierie logicielle comme l'ensemble de deux parties, une partie bien perçue des utilisateurs qui est l'Interface Homme-Machine (IHM) de l'application et une partie cachée qui est le Noyau Fonctionnel (NF) de l'application. Du point de vue de la conception de l'application et de l'IHM, un des modèles supplémentaires utilisés est la description des activités qu'il est possible de réaliser dans l'application. Cette description est établie lors de l'étape d'analyse des besoins et peut se faire sous la forme d'un arbre de tâches comme dans [9]. Ainsi, il y a trois points de vue pour décrire une application qui sont (i) la description de l'assemblage au niveau du NF, (ii) l'expression des besoins utilisateurs à travers la description des tâches que peuvent effectuer les utilisateurs avec l'application et (iii) la description de l'interface de l'application.

Chaque point de vue constitue alors un point d'entrée pour pouvoir effectuer la composition. Un point d'entrée va alors correspondre à la manière dont les applications vont être manipulées afin de diriger la composition des applications c'est-à-dire, respectivement par rapport aux points de vue décrits ci-dessus, la manipulation des fonctionnalités, la manipulation des tâches ou bien encore la manipulation des éléments de l'interface de l'application.

Chaque point d'entrée aborde un problème spécifique de la composition d'applications : le comportement de l'application pour le point d'entrée « fonctionnel » ([10]), les besoins utilisateur pour le point d'entrée « tâches » ([11]) et le placement et l'utilisabilité pour le point d'entrée « interface » ([6]). Certains travaux combinent ces points d'entrées deux à deux. Examinant les demandes en langage naturel et exploitant les techniques de planification comme dans [7], étudiant les scénarios comme dans [5], annotant les services avec des morceaux d'interface et exploitant un assemblage de services exprimé par l'utilisateur comme dans [11] ou encore débutant directement avec un assemblage de services prédéfini comme dans [10], énormément de travaux existants exploitent le point d'entrée « fonctionnel » afin par la suite de générer l'interface de l'application résultante de la composition. Soit cette interface est générée à partir d'annotations pré-appliquées aux services, soit elle l'est par rapport à un ensemble d'interfaces disponibles pour chacune des fonctionnalités. De plus, ces travaux ne réutilisent pas complètement l'architecture des applications de départ.

L'originalité de notre approche se situe (i) dans la considération des liens existants entre la partie IHM et NF des applications à composer, (ii) dans l'aide que nous apportons au développeur tout au long du processus de développement par suggestions et questionnement dans le but d'atteindre une composition consistante et une application résultante fonctionnelle, et (iii) dans la réutilisation des interfaces et des activités logiques possibles des applications de départ afin de préserver au maximum le développement, l'ergonomie et les bonnes pratiques utilisées pour concevoir les interfaces et les applications en entrée de la composition.

3. MODELE DES APPLICATIONS

Afin de pouvoir manipuler les applications de manière à obtenir une application fonctionnelle à la fin de la composition, nous posons comme hypothèse principale que nos applications sont développées en suivant la programmation par composants. Une application décrite avec des composants permet d'obtenir un découpage de l'application en unités indépendantes dont les interfaces logicielles sont contractuellement connues et les dépendances explicitées [12]. Cela permet d'avoir des « boîtes noires » que nous allons pouvoir manipuler et ré-agencer pour obtenir l'application finale.

Nous proposons d'utiliser les composants aussi bien au niveau de l'interface qu'au niveau fonctionnel. Pour chaque application, l'assemblage de composants nous donne la description des liens présents entre l'IHM et le NF. Ces liens sont (a) soit des liens d'appels de fonction donc ayant pour source un élément graphique et pour cible une fonctionnalité à exécuter ; (b) soit des liens ayant pour source une fonctionnalité qui fait appel à un élément d'interface pour afficher le résultat de son exécution que ce soit après avoir été déclenché préalablement par un élément d'interface ou le système lui même (cas des alertes par exemple).

Par conséquent, la composition sera dépendante du découpage plus ou moins fin de l'application en composants puisque cela va déterminer en partie la granularité des éléments de l'interface sélectionnables, et la granularité des fonctionnalités sélectionnables que nous allons pouvoir proposer au développeur.

Dans le cas d'un grand nombre de composants, c'est-à-dire d'une granularité très fine en termes de description de l'application, nous avons besoin d'informations supplémentaires pour pouvoir manipuler plus facilement l'application. Nous nous basons sur l'existant pour combler ce manque en exploitant l'arbre de tâches qui provient de la conception de l'application comme nous avons pu le voir dans l'état de l'art. Ainsi, nous pouvons utiliser les tâches comme des métadonnées liées aux éléments IHM et aux fonctionnalités. Une tâche est alors être liée à plusieurs éléments graphiques et/ou fonctionnalités selon le but de son activité.

Ainsi, afin de pouvoir raisonner sur les applications à composer, nous avons besoin des trois niveaux que nous utilisons pour la composition : l'IHM, le NF et l'arbre de tâches (voir Figure 1).

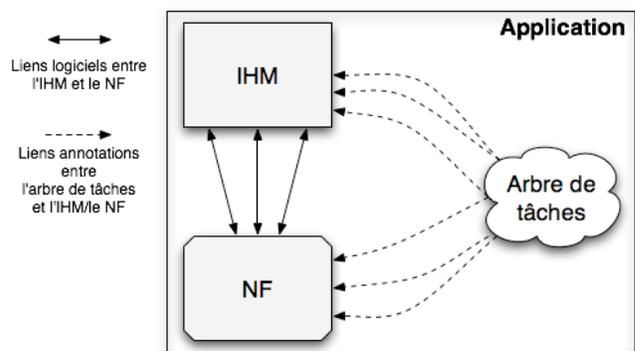


Figure 1: Modèle des applications

Nous utilisons pour la description de l'IHM une description hiérarchique comme nous pouvons la retrouver dans MARIA [11] ou UsiXML [8] ainsi qu'une description du positionnement spatial des éléments graphiques.

Pour la description du NF de l'application, nous avons la définition des fonctionnalités proposées par l'application en ayant pour seuls détails les entrées nécessaires à l'exécution de la

fonctionnalité et les résultats qu'elle produit. Nous avons aussi l'assemblage existant entre les différentes fonctionnalités à travers l'assemblage de composants sous-jacents.

Enfin, la description des tâches suit la description classique hiérarchique sous la forme d'un arbre de tâches et d'opérateurs temporels entre les tâches que nous pouvons retrouver dans [9].

La seule description de ces 3 niveaux ne suffit pas pour pouvoir raisonner sur les applications à composer. Les liens naturellement présents dans l'application entre ces niveaux doivent être aussi décrits afin de pouvoir guider l'utilisateur pendant le processus de composition.

4. EXPLOITATION DU MODELE DE DESCRIPTION DES APPLICATIONS : LA COMPOSITION

A partir des descriptions précédentes, nous proposons deux étapes à la composition: (i) la sélection des entités à manipuler (suivant le point d'entrée choisi pour effectuer la composition), et l'extraction de ces entités par une aide apportée au développeur, (ii) la fusion des entités qui peuvent être redondantes.

Incluse dans la première étape, la sélection est nécessaire afin que le développeur puisse exprimer ses besoins en termes de composition. Il va alors sélectionner les morceaux des applications de départ qu'il va vouloir composer. Suivant le point d'entrée choisi, cela peut être à travers la manipulation d'éléments d'IHM, de fonctionnalités ou encore de tâches.

Couplé à la sélection des éléments, l'extraction de ceux-ci s'effectue en suivant les liens existants dans l'application comme indiqué dans le modèle de l'application décrit dans la section précédente. Ces liens vont nous permettre de guider le développeur et de lui suggérer l'ajout d'entités qui seraient manquantes pour remplir correctement la fonction associée à l'entité sélectionnée. Les premiers liens que nous pouvons exploiter sont les liens entre l'IHM et le NF dans le cas des points d'entrée « interface » et « fonctionnelle ». En suivant ces liens, nous pouvons déjà suggérer certains ajouts afin de garantir le bon déroulement de la fonction associée à l'entité choisie (ici, élément d'interface ou fonctionnalité). Le deuxième type de liens que nous pouvons suivre est celui des liens entre les tâches et l'IHM ou entre les tâches et le NF. Dans le cas d'une description très détaillée de l'IHM ou du NF, le passage par les tâches permettra d'avoir des suggestions d'entités à ajouter basées sur les actions qu'il est possible de remplir dans l'application. Cette exploitation des liens peut se faire grâce à l'établissement de règles définies en fonction du point d'entrée choisi pour la composition. Ainsi, l'extraction peut se faire de manière « automatique » en appliquant les règles établies ou bien elle peut être « manuelle » par déclenchement de chacune d'entre elles par l'instigateur de la composition.

La seconde étape est l'étape de fusion. Elle permet de supprimer les redondances qui peuvent apparaître lors de la mise en commun des entités provenant des applications à composer, ou encore elle permet de faire le lien entre ces différentes entités. Le principe de fusion se base alors sur l'ajout d'adaptateurs entre les différents éléments à fusionner afin de garantir la bonne transition des données et la compatibilité des liens entre l'IHM et le NF. Pour cela, nous proposons la possibilité d'ajouter des adaptateurs, fournis par le développeur ou accessibles dans une librairie existante, en amont ou en aval des éléments à fusionner. Ces ajouts permettent de garantir l'obtention d'une application

fonctionnelle et cohérente avec les attentes de l'initiateur de la composition d'applications.

5. PROCESSUS DE COMPOSITION AYANT L'INTERFACE COMME POINT D'ENTREE

Dans le cadre de notre preuve de concept, nous appliquons notre proposition en ayant l'IHM comme point d'entrée à notre composition. Ce choix s'explique par le fait qu'il est rarement effectué dans les travaux existants, et que nous voulons nous rapprocher de l'utilisateur final (sans l'atteindre). Effectivement l'IHM est la partie la mieux connue de l'utilisateur car c'est la seule partie manipulée par l'utilisateur. De plus les tâches, représentant les activités possibles dans l'application, restent difficile à appréhender par l'utilisateur dû à la différence existante entre la description de l'activité et sa réalisation, que nous pouvons observer à travers la différence des résultats de l'analyse de la tâche réelle (souvent issus d'interviews d'utilisateurs) et des résultats de l'analyse de l'activité (souvent issus d'observation des utilisateurs pendant l'activité). Enfin, le point d'entrée « fonctionnel » est privilégié dans la littérature, accompagné d'une génération de l'interface de l'application.

Ce processus centré développeur d'applications commence par la sélection par celui-ci des éléments d'IHM qu'il aimerait réutiliser pour concevoir sa composition. Nous lui proposons des outils de sélection s'appuyant sur le positionnement des éléments des IHM afin qu'il puisse sélectionner le plus précisément possible les éléments à réutiliser.

Deux modes lui sont alors proposés pour l'extraction des éléments d'IHM. Un mode « automatique » est disponible et s'appuie sur les différents liens que nous avons entre les éléments d'IHM, les fonctionnalités et les tâches. A partir de la sélection initiale des éléments d'interfaces par le développeur, nous suivons les liens présents avec le NF afin de lui suggérer l'ajout des différents éléments d'interfaces qui seraient potentiellement manquant pour assurer les fonctionnalités associées. Puis, une fois l'exploitation de ces liens effectuée, nous suivons les liens présents entre les tâches et les deux autres niveaux de description de l'application afin ici aussi de lui suggérer l'ajout des éléments d'IHM qui pourraient manquer pour accomplir l'activité logique associée à la sélection initiale. Cette exploitation des tâches s'appuie sur leur structure hiérarchique mais surtout sur les opérateurs temporels présents entre les différentes tâches. Un second mode dit « manuel » permet au développeur de déclencher un à un l'exploitation des différents liens.

A la fin de cette première étape du processus de composition, nous obtenons les extractions de morceaux d'applications de départ que nous devons alors composer pour obtenir une seule application en sortie. Certaines actions comme l'ajout des éléments d'IHM orphelins à un conteneur ou encore la plantation des extraits d'arbres de tâches sous une seule tâche parente est possible de manière automatique. Pris séparément, les morceaux d'application que nous obtenons sont fonctionnels. Cependant, afin d'assurer une cohérence au niveau de l'interface de la nouvelle application, nous proposons au développeur de supprimer la redondance de certains éléments d'IHM en suivant un principe général de fusion (équivalent à l'étape deux de la composition).

Une fois les différentes fusions effectuées, le développeur peut alors placer les éléments à sa guise dans la nouvelle interface afin de rendre utilisable la mise en commun des différents éléments d'interfaces provenant des différentes applications en entrée de la

composition, ceci constituant la dernière étape de ce processus de composition.

6. PROTOTYPE DE VALIDATION

Dans le but de valider cette approche, nous avons développé un prototype en Java. Ce prototype « OntoCompo » remplit les différentes hypothèses de travail. Les applications en entrée de ce prototype sont développées en utilisant les composants Fractal [3] que ce soit pour l'IHM ou la partie NF. Les descriptions accompagnant ces applications sont décrites à l'aide de langages issus du monde du web sémantique. Nous utilisons OWL light [13] afin de définir les ontologies sur lesquelles peuvent s'appuyer les applications pour être décrite (en RDF [14]). L'utilisation de langages sémantiques nous a permis d'écrire certaines règles de déduction notamment pour le positionnement des éléments dans l'IHM pour faciliter les suggestions d'extension de sélection.

Nous nous appuyons alors sur un moteur sémantique CORESE [4] et des requêtes sémantiques SPARQL [15] afin d'interroger les descriptions des applications et pouvoir guider le développeur.

Nous proposons des outils de sélection et d'extraction suivant les différentes descriptions que nous avons sur les applications, l'IHM, le NF ou les tâches. Les deux modes « manuel » ou « automatique » sont disponibles. Une fois les applications chargées dans « OntoCompo », le développeur peut sélectionner par survol des éléments constituant les interfaces. Les éléments sélectionnables sont alors mise en avant au niveau de l'interface et plusieurs outils lui permettent d'étendre sa sélection suivant le conteneur parent ou encore la position des éléments autour de l'élément sélectionné. Pour l'accompagnement lors de la composition, les suggestions d'ajouts se font alors par questionnement et changement de couleur des éléments à potentiellement ajouter. Enfin, un outil de positionnement ou repositionnement des éléments est disponible au développeur afin qu'il puisse par « Glisser & Déposer » positionner les éléments dans la nouvelle interface les uns par rapport aux autres.

7. CONCLUSION

Nous proposons dans cet article un moyen de combiner les applications existantes pour en constituer une nouvelle. Grâce à un modèle d'application tenant compte aussi bien de la vision « logiciel » que « conception IHM » de l'application, nous proposons d'exploiter en deux étapes ce modèle afin de pouvoir composer les applications quel que soit le point d'entrée choisi : l'IHM, le NF ou encore les tâches. Nous montrons la mise en pratique de cette proposition par la description d'un processus de composition ayant la manipulation des éléments des IHM comme point d'entrée à la composition.

La deuxième étape qui exploite le modèle des applications nécessite cependant un travail plus approfondi afin de déterminer les différents adaptateurs pour effectuer la fusion. Nous travaillons pour cela à la détection de patrons de fusion éventuels qui pourraient se révéler utiles lors de la fusion. Enfin, des tests d'évaluation, notamment utilisateurs sont prévus afin de valider le processus de composition par la manipulation des IHM.

8. REFERENCES

- [1] Abrams M., Phanouriou C., Batongbacal A., Williams S., Shuster J. 1999 *UIML: An appliance-independent XML user interface language*. In proceedings of the 8th World Wide Web Conference (WWW), pages 617-630, Elseiver.
- [2] Auinger, A., Ebner, M., Nedbal, D., Holzinger, A. (2009). *Mixing Content and Endless Collaboration - MashUps: Towards Future Personal Learning Environments*. In: Lecture Notes in Computer Science (LNCS 5616), (pp.14-23). Berlin, Heidelberg, New York: Springer. (ISBN 978-3-642-02712-3)
- [3] Bruneton, E., Coupaye, T., Leclercq, M., Quéma, V. and Stefani, J.-B. (2006), *The FRACTAL component model and its support in Java*. Software: Practice and Experience, 36: 1257–1284. doi: 10.1002/spe.767
- [4] Corby, O., Dieng-Kuntz, R., and Faron-Zucker, C. *Querying the semantic web with the corese search engine*. In 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'2004), IOS Press, Valencia, Spain, 2004.
- [5] Elkoutbi M., Khriss I., Keller R.K., 1999. *Generating User Interface Prototypes from Scenarios*, In RE'99, Fourth IEEE International Symposium on Requirements Engineering, pages 150-158, Limerick, Ireland.
- [6] Fujima J., Lunzer A., Hornbæk K., Tanaka Y., 2004. *Clip, Connect, Clone: Combining Application Elements to Build Custom Interfaces for Information Access*, In Proceedings of UIST 2004, pages 175-184, Santa Fe, NM.
- [7] Gabillon Y., Calvary G., Fiorino H., 2008. *Composing interactive systems by planning*. In UbiMob'08, pages 37–40, Saint Malo, France.
- [8] Limbourg Q., Vanderdonckt J., Michotte B., Bouillon L., Florins M., and Trevisan D., 2004. *Usixml: A user interface description language for context-sensitive user interfaces*. AVI'2004 Workshop "Developing User Interfaces with XML: Advances on User Interface Description Languages" UIXML'04, pages 55–62.
- [9] Mori G., Paternò F., Santoro C., 2002. *Ctte: Support for developing and analyzing task models for interactive system design*. IEEE Transactions on Software Engineering, pages 797–813.
- [10] Occello A., Joffroy C., Pinna-Déry A.-M., Renevier-Gonin P. and Riveill M., 2010. *Experiments in Model Driven Composition of User Interfaces*. In 10th IFIP International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems (DAIS'10), volume LNCS 6115, pages 98-111, Amsterdam, Netherlands. Springer-Verlag.
- [11] Paternò F., Santoro C., and Spano L. D., 2009. *Maria: A universal, declarative, multiple abstraction level language for service-oriented applications in ubiquitous environments*. In Computer-Human Interaction (TOCHI), volume 16.
- [12] Szyperki C., Gruntz D. and Murer S. *Component software : beyond object-oriented programming*. Addison-Wesley Professional, 2002. Cf. p. 24.
- [13] W3C Working Group. *OWL Web Ontology Language* <http://www.w3.org/TR/owl-features/>, 2004.
- [14] W3C Working Group. *Resource Description Framework (RDF)*. <http://www.w3.org/RDF/>, 2004.
- [15] W3C Working Group. *SPARQL Query Language for RDF*. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>, 2008.

Conception et évaluation de nouvelles techniques d'interaction pour la télévision interactive

Dong-Bach Vo
Telecom ParisTech – CNRS LTCI
46, rue Barrault
75013 Paris
+33145817751

dong-bach.vo@telecom-paristech.fr

RESUME

Bien plus qu'un écran de diffusion de contenus qu'elle a été à ses débuts, la télévision interactive est en passe de devenir un système hautement interactif. L'offre de nombreux services et la multitude des contenus multimédias des fournisseurs rendent les téléspectateurs de plus en plus actifs avec la télévision. Cependant, la télécommande traditionnelle qui connaît de nombreuses limitations et la représentation inadéquate des données sur la télévision empêchent les téléspectateurs d'accéder facilement aux différentes possibilités offertes par le système télévisuel. Cette thèse s'intéresse à la conception et évaluation de nouvelles techniques d'interaction pour faciliter le contrôle de la télévision et l'accès aux différents services et contenus proposés par les fournisseurs. Ce rapport présente le travail réalisé pendant la première partie de cette thèse. Il introduit d'abord le contexte particulier de la télévision interactive. Puis, il expose une analyse et comparaison des différentes télécommandes existantes. Enfin, il présente une technique d'interaction basée sur la télécommande traditionnelle augmentée de capteurs d'orientation et les pistes de recherches futures.

Mots clés

Télévision interactive, télécommande, technique d'interaction.

ABSTRACT

Television, which for a long time has merely been a device to display media, is becoming a highly interactive system. Viewers are increasingly communicating with numerous interactive services and multimedia contents. Traditional remote controls are, however, limited. That, in addition to inadequate representation of data on the television, prevents viewers from easily accessing and utilizing the many different features of the TV. My thesis is devoted to the design and evaluation of new interaction techniques, whose goal is to facilitate both control of television and access to available interactive services. This article explores the specific context of interactive television. Then, it discusses research work on design of remote controls and, describes novel interaction techniques that use a remote control equipped with orientation sensors. Finally, some future research

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

goals are considered.

Categories and Subject Descriptors

H5.2. [Information Interfaces And Presentation]: User Interface.
I.3.6. [Methodology and Techniques]: Interaction techniques.

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Interactive television, remote control, interaction technique.

1. INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années, la télévision n'a cessé d'évoluer. Les possibilités grandissantes des infrastructures réseau ont permis aux fournisseurs de contenu multimédia de proposer aux téléspectateurs de nouveaux services toujours plus interactifs. Ces services permettent notamment de personnaliser l'expérience télévisuelle, participer activement aux émissions diffusées, ou encore accéder aux nombreux contenus disponibles sur internet.



Figure 1: Télécommande et guide des programmes électroniques, SkyTV.

Paradoxalement, la télécommande (Figure 1) qui permet de contrôler les fonctionnalités de la télévision a peu évolué. Longtemps basées sur le paradigme un bouton par fonctionnalité, les télécommandes sont surchargées de boutons notamment à cause du nombre grandissant de fonctionnalités et de services proposés au téléspectateur. Cela pose des problèmes d'utilisabilité comme par exemple le va et vient continu de l'attention visuelle entre la télévision et la télécommande à la recherche du bon bouton. Comme la télécommande, les menus (Figure 1), permettant d'accéder aux nombreux services et à la multitude de

contenus multimédias, ont connu une évolution relative. La navigation par code numérique utilisée pour le télétexte a laissé place à des menus hiérarchiques linéaires profonds et des listes de nombreux éléments inspirés des menus déjà existants sur les applications d'ordinateur. Cependant, en raison de l'inconfort de l'utilisation du clavier et de la souris devant la télévision, particulièrement lorsque le téléspectateur est confortablement assis dans son canapé, l'utilisation de la télécommande reste de mise. Ainsi sur la télévision, la navigation dans ces menus nécessite de nombreux appuis répétitifs sur les touches directionnelles de la télécommande. Les moteurs de recherche, les applications sociales, et l'accès aux contenus en ligne requièrent une entrée de données par saisie de texte, encore difficile avec la télécommande. Enfin, la télécommande nécessite la présence des téléspectateurs en face de la télévision pour interagir.

L'ensemble des problèmes liés à la limitation de la représentation des données sur la télévision et du dispositif d'entrée constitue un frein à l'adoption de ces services. Cette thèse a pour objectif de concevoir et d'évaluer de nouvelles techniques d'interaction pour améliorer l'usage de la télévision.

Afin d'atteindre cet objectif, nous avons d'abord étudié le contexte lié à la télévision qui est sensiblement différent du contexte des activités productives. Puis, nous avons réalisé un état de l'art des télécommandes existantes et avons constitué un espace de classification pour guider notre conception. Nous avons ensuite conçu une technique d'interaction basée sur les gestes 3D en augmentant la télécommande traditionnelle de capteurs d'orientation (accéléromètres et gyroscope). Mon travail actuel se concentre sur le contrôle de la télévision sans instrument physique.

2. UN ESPACE DE CARACTERISATION DES TELECOMMANDES

Nous avons proposé un espace de caractérisation des télécommandes pour la télévision interactive afin de guider la conception et l'évaluation de nouvelles techniques d'interaction dans ce contexte. Cette caractérisation identifie d'abord les particularités de ce contexte en terme d'usage et de facteur humain, puis présente les différentes approches de conception de ces télécommandes dans la recherche en interaction homme-machine (IHM).

Le contexte de la télévision interactive intègre différentes composantes liées à différents acteurs : les fournisseurs de contenu de média et d'application et les téléspectateurs. La revue de la littérature scientifique nous a permis notamment d'identifier les singularités de ce contexte.

D'abord, les fournisseurs de contenu fournissent à leurs abonnés un décodeur numérique permettant d'accéder à de nombreux services interactifs (tels que les guides de programme électronique, les programmes augmentés qui permettent d'enrichir d'information les programmes classiques, la participation à certains programmes à travers les jeux ou le vote interactif, la vidéo à la demande, les applications internet disponibles sous forme de widgets, *etc.*). Ces décodeurs permettent aussi aux téléspectateurs d'accéder à leurs propres contenus multimédia. Cette prolifération et complexification des services interactifs modifient le comportement des téléspectateurs qui deviennent de plus en plus actifs avec le contenu à leur disposition et avec les autres téléspectateurs.

Ensuite, les téléspectateurs intègrent la télévision dans leurs activités quotidiennes : ils partagent les activités télévisuelles avec

d'autres activités. Cela implique notamment la prise en compte du degré d'engagement avec la télévision lors de la conception d'application et de techniques d'interaction. Quand l'utilisateur est totalement engagé dans l'activité télévisuelle, cette activité est aussi souvent sociale, partagée en famille ou entre amis (Figure 2). Cette propriété soulève d'une part la question de la prise de contrôle de la télécommande et d'autre part la question d'espace public / privé liée au partage de l'écran de la télévision. Ces questions pourraient en particulier peser sur la satisfaction des utilisateurs, un critère qui pourrait être essentiel dans ce contexte [3].



Figure 2: Regarder la télévision, une activité sociale.

Comme nous l'avons vu précédemment, le foisonnement de services interactifs accessibles au téléspectateur complexifie l'interaction avec la télévision. Bien que l'évolution de la télévision interactive soit manifeste, l'évolution de la télécommande est moins perceptible. Cesar et al. [2] catégorisent les travaux sur techniques d'interaction pour la télévision selon trois axes. Ces axes permettent de mettre en exergue les différentes approches de conception pour résoudre les problèmes liés aux limitations de la télécommande. La première approche consiste à augmenter la bande interactionnelle des télécommandes traditionnelles en les équipant de capteurs sonores, d'orientations ou haptiques. La seconde approche repose sur l'augmentation numérique des objets du quotidien dont la prise en main est déjà éprouvée comme le guide (sous format papier) des programmes télévisés, les coussins d'un canapé, ou encore la table basse. La troisième approche réside dans la réutilisation des dispositifs mobiles généralistes (smartphones et tablettes tactiles) : ils sont souvent utilisés comme télécommande universelle mais permettent aussi d'enrichir d'information les contenus diffusés sur la télévision et d'offrir un espace privé aux téléspectateurs.

Nous proposons de compléter cette classification avec deux axes supplémentaires [6]. De nombreuses raisons (activités parallèles, perte ou dysfonctionnement de la télécommande ou encore déficiences sensorielles) ne permettent pas tout le temps d'avoir accès facilement à la télécommande. De nombreux travaux s'intéressent à la possibilité de contrôler la télévision en s'abstrayant de tout instrument physique notamment à l'aide de gestes en l'air ou de la parole. Ces travaux constituent une nouvelle catégorie. Enfin, une partie de la recherche se préoccupe de l'affordance des dispositifs d'entrée (forme et manipulation de la télécommande) et le couplage avec la représentation graphique des données. Ils introduisent de nouvelles formes d'exploration et de représentation des données qui pourraient changer le paradigme d'interaction actuel pour la télévision. Par ailleurs,

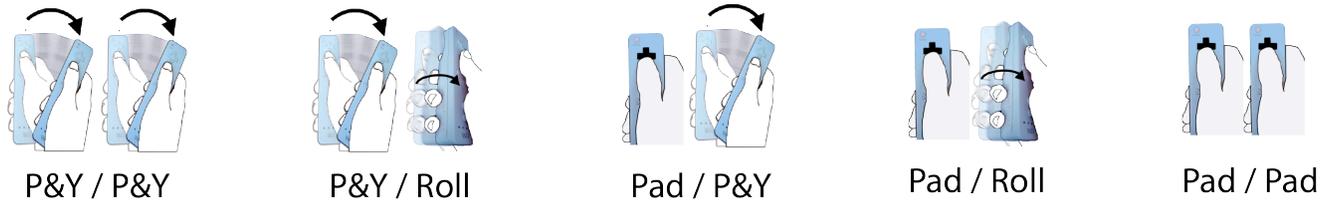


Figure 3: Technique d'interaction pour la sélection d'item dans un menu hiérarchique à deux niveaux

nous enrichissons [2] par la description des différentes modalités impliquées dans la conception de ces techniques d'interaction.

Cette caractérisation nous a permis de comprendre d'une part le contexte autour de la télévision interactive. Ce contexte, absent de la plupart des travaux explorés ici, tient une place prépondérante dans l'usage de la télévision et doit être pris en compte lors de la conception d'une technique d'interaction pour contrôler la télévision. D'autre part, elle permet également de montrer l'étendue et la disparité des pistes de conception des techniques d'interaction, et le manque de cadre précis de recherche en terme de techniques interaction dans ce domaine.

3. UNE TECHNIQUE D'INTERACTION GESTUELLE POUR LES MENUS DE LA TELEVISION

La conception des nombreux services proposés par les fournisseurs de contenus est souvent inspirée par les techniques d'interaction de bureau, avec de longues listes d'élément ou/et des menus hiérarchiques profonds. Cependant, l'interaction dans un contexte de divertissement ou/et de relaxation diffère largement de l'interaction dans un contexte de travail. En particulier, la télécommande traditionnelle est un dispositif d'entrée qui ne peut correctement remplacer la souris et le clavier. La navigation dans les menus des décodeurs qui s'effectue par des appuis répétés sur les touches directionnelles peut être fastidieuse notamment quand le nombre d'éléments et la profondeur des menus sont importants. La télécommande est par ailleurs surchargée de boutons. Ainsi, son utilisation requiert la monopolisation de l'attention visuelle, entraînant des « va et vient » du regard entre la télécommande et la télévision.

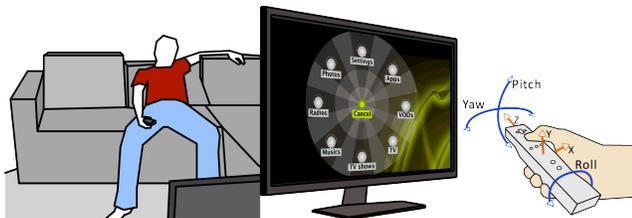


Figure 4: Augmenter une télécommande avec 6 degrés de liberté: 3 translations, pitch (tangage), roll (roulis) et yaw (lacet).

Un moyen de minimiser ce phénomène réside dans l'utilisation des gestes en 3 dimensions (Figure 4). Contrairement à l'ajout de boutons sur la télécommande, les gestes permettent d'enrichir le vocabulaire interactionnel sans modifier l'aspect physique de la télécommande. De plus, ils n'accaparent pas l'attention visuelle de l'utilisateur pendant leur réalisation contrairement à la localisation d'un bouton particulier sur la télécommande. L'objectif de ce travail [1], réalisé en collaboration avec Gilles Bailly, est de montrer comment les gestes en 3 dimensions peuvent compléter les interactions avec les télécommandes pour la télévision interactive.

Afin de concevoir des techniques d'interaction reposant sur des gestes pertinents, nous avons d'abord mené une première expérimentation exploratoire. Nous avons comparé les gestes réalisés par des utilisateurs tenant un smartphone dans une première condition et tenant une télécommande dans la seconde. En position assise, les utilisateurs avaient pour consigne d'atteindre une cible (une case colorée) située sur une matrice de 3 * 3 cases affichée sur l'écran du smartphone dans la première condition et sur l'écran d'une télévision dans la seconde. La comparaison des résultats de l'expérimentation montrent que :

- les utilisateurs ont tendance à manipuler les dispositifs (télécommande ou smartphone) en effectuant des rotations plutôt que des translations;
- avec une télécommande, les utilisateurs soumettent le dispositif à du tangage et du lacet ;
- avec une télécommande, les utilisateurs ne soumettent pas le dispositif à du roulis lorsque celle-ci est pointée vers l'écran.

Tableau 1: Espace de conception des techniques d'interaction. Les techniques hachurées n'ont pas été retenues pour l'évaluation en expérimentation contrôlée.

2 nd niveau 1 ^{er} niveau	Lacet et tangage	Roulis	Bouton directionnel
Lacet et tangage	Technique 1	Technique 2	Technique 3
Roulis	Technique 4	Technique 5	Technique 6
Bouton directionnel	Technique 7	Technique 8	Technique 9

Ces premières observations nous ont conduit à investiguer plus précisément la capacité des utilisateurs à soumettre le dispositif à du roulis grâce à la rotation (pronation et supination) du poignet [5] dans l'espoir de pouvoir intégrer cette nouvelle dimension au vocabulaire gestuel déjà adopté par les utilisateurs. Pour prendre en compte le contexte d'usage, nous avons évalué les gestes dans différentes postures pouvant être adoptées par téléspectateur dans son canapé. Les expérimentations que nous avons mené montrent que les utilisateurs peuvent distinguer facilement au moins 5 niveaux de rotation sur l'axe du roulis (et jusqu'à 7 en fonction des utilisateurs) avec l'amplitude offerte par la pronation et la supination du poignet sans regarder la télécommande.

Basés sur les résultats précédents, nous avons ensuite proposé différentes techniques d'interaction [1] pour sélectionner des éléments d'un menu hiérarchique à deux niveaux. La conception de ces techniques repose sur l'exploration de l'espace de conception (Tableau 1) composé des dimensions des gestes

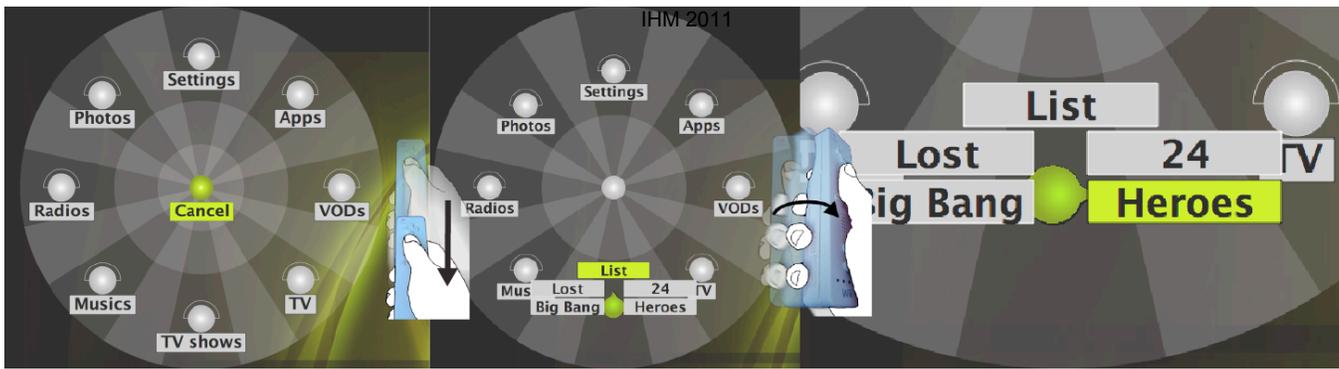


Figure 5: Menu gestuel pour télévision interactive

étudiés précédemment et l'appui sur les boutons déjà présents sur les télécommandes. Pour des raisons de contraintes biomécaniques et de performance, nous avons éliminé certaines techniques pour ne garder que les plus prometteuses. Nous avons ensuite mené une évaluation contrôlée avec 13 utilisateurs et les cinq techniques sélectionnées (Figure 3). Lors de cette expérimentation, la tâche confiée aux utilisateurs consistait à reproduire une séquence de gestes représentée par une paire de pictogrammes affichée à l'écran. L'analyse des données montre que les techniques les plus efficaces en terme de rapidité et de précision sont celles qui utilisent les boutons directionnels : la technique 9 et 7, et dans une moindre mesure la technique 8. Cependant, d'un point de vue subjectif, la technique 9 (bouton/bouton) est pressentie comme la plus rapide, la plus précise, la plus agréable, la moins fatigante et la plus facile à apprendre.

Enfin, pour montrer la réutilisation de ces techniques, nous avons conçu un menu circulaire gestuel pour la télévision interactive (Figure 5). Ce menu hiérarchique à deux niveaux, inspiré des marking menus [4], offre un mode novice et expert. Alors que la sélection d'un élément du premier niveau s'effectue en utilisant le lacet et tangage ou le pad directionnel, la sélection d'un élément au second niveau s'effectue en utilisant le roulis. Le délimiteur du geste complet est l'appui continu d'une gâchette (si le lacet et tangage sont utilisés) ou l'appui continu sur le pad directionnel pendant le geste. La correspondance directe entre l'orientation des éléments affichés et les gestes à réaliser facilite la compréhension de la technique d'interaction. De plus, ces techniques favorisent la transition entre l'utilisation novice et experte : l'utilisateur effectue les mêmes gestes dans les deux modes permettant l'apprentissage implicite de l'utilisation du mode expert. Cette propriété est d'autant plus intéressante en ce qui concerne l'apprentissage progressif des gestes pour l'accès aux éléments fréquemment utilisés comme certaines commandes ou favoris.

4. PERSPECTIVES

Dans l'optique d'améliorer la conception des techniques d'interaction pour la télévision, nous souhaiterions affiner notre cadre de conception. Nous pensons qu'il est important de tenir compte des paramètres contextuels liés aux activités usuelles se déroulant dans l'espace de vie autour de la télévision. Une autre piste d'amélioration concerne l'identification des caractéristiques pour évaluer le niveau d'engagement des utilisateurs.

Par exemple, l'utilisation d'une télécommande peut être contraignante. La télécommande peut être égarée ou hors d'état de marche, il devient alors impossible de contrôler la télévision et les services qu'elle offre. De plus, lorsque l'utilisateur est engagé dans une autre activité qui l'éloigne de la télévision, la

télécommande peut être difficilement accessible et il devient alors compliqué de contrôler la télévision sans se désengager de l'activité principale. Ces situations nécessitent de nouvelles manières d'interagir avec son système télévisuel.

Dans ce sens, nous dirigeons également nos efforts de recherche sur des techniques d'interaction gestuelle qui ne font pas intervenir la manipulation d'instrument physique, en utilisant les variations de champ électrique d'une part ou en utilisant l'analyse vidéo d'autre part.

5. CONCLUSIONS

Ce travail de thèse a consisté dans un premier temps à étudier la littérature scientifique pour d'abord comprendre le contexte particulier d'usage de la télévision et ensuite réaliser un espace de classification des nombreuses techniques d'interaction pour la télévision. En s'appuyant sur cet espace, nous avons conçu et comparé différentes techniques d'interaction gestuelle en augmentant la télécommande traditionnelle de capteurs d'orientation. Enfin, nous avons proposé une technique de menu pour la télévision qui permet d'accéder rapidement à des commandes fréquentes et aux contenus favoris grâce à des gestes abstraits simples. Cette technique favorise notamment la transition du mode novice au mode expert. Nous dirigeons actuellement nos efforts sur la conception de techniques d'interaction permettant de contrôler la télévision sans instrument physique.

6. REFERENCES

- [1] Bailly, G., Vo, D.-B., Lecolinet, E., and Guiard, Y. Gesture-aware remote controls: guidelines and interaction techniques. *In Proceedings of ICMI'11*, (2011).
- [2] Cesar, P., Chorianopoulos, K., and Jensen, J.F. Social television and user interaction. *Computers in Entertainment (CIE) 6*, 1 (2008).
- [3] Drucker, S.M., Glatzer, A., Mar, S.D., and Wong, C. SmartSkip: consumer level browsing and skipping of digital video content. *In Proceedings of CHI'02*, (2002).
- [4] Kurtenbach, G. and Buxton, W. 1991. Issues in combining marking and direct manipulation techniques. *In Proceedings of UIST '91*, (1991).
- [5] Rahman, M., Gustafson, S., Irani, P., and Subramanian, S. Tilt Techniques: investigating the dexterity of wrist-based input. *In Proceedings of CHI'09*, (2009).
- [6] Vo, D.-B., Bailly, G., Lecolinet, E., and Guiard, Y. Un espace de caractérisation de la télécommande dans le contexte de la télévision interactive. *In Proceedings of IHM'11*, (2011).

Comprendre l'expérience utilisateur pour faciliter son intégration dans les systèmes interactifs

Carine LALLEMAND

Centre de Recherche Public Henri Tudor
Service Science & Innovation Department
29, avenue John F. Kennedy
L-1855 Luxembourg
00.352.42.59.91

Université du Luxembourg
Faculté FLSHASE
Campus Walferdange
Route de Diekirch, BP2
L-7220 Walferdange

carine.lallemand@tudor.lu

RESUME

Depuis une dizaine d'années, le concept d'expérience utilisateur (UX) se répand dans le domaine des Interactions Homme-Machine (IHM). Centré sur l'utilisateur et son expérience subjective vécue de l'interaction avec un système interactif, il permet d'aller au-delà des aspects fonctionnels de l'utilisabilité. Ainsi, l'UX s'intéresse, entre autres, aux aspects émotionnels, hédoniques ou encore esthétiques composant l'interaction. Cependant, bien que déjà très utilisé par les professionnels, ce concept souffre notamment d'un manque de recherche empirique. De plus, de nombreuses définitions et perspectives sur l'UX cohabitent sans donner lieu à un consensus scientifique clair. Or, pour progresser dans ce champ de recherche, pour l'enseigner, ou pour communiquer sur celui-ci, il est nécessaire de mieux le comprendre et le délimiter. Cette recherche doctorale, alliant théories issues de la psychologie et de l'IHM, se propose d'étudier ce qu'est l'UX afin de la modéliser en vue de faciliter son intégration dans les systèmes interactifs.

Mots clés

Expérience Utilisateur, Utilisabilité, Processus de Conception, Conception Centrée Utilisateur.

ABSTRACT

The last ten years have witnessed a growing interest in the concept of User Experience (UX) within the field of Human-Computer Interaction (HCI). Mainly focused on the user and its subjective experience on interacting with a system, it allows to go beyond the functional aspects of usability. Thus, the UX is interested, among other component, in the emotional, hedonic or even aesthetic dimension involved in the interaction. However, although already widely used by professionals, this concept notably suffers from a lack of empirical research. Moreover, many definitions and perspectives on UX coexist without giving rise to a clear scientific consensus. To progress in this field of research, to teach or to disseminate knowledge on it, it is necessary to better understand and scope it. This doctoral research, combining theories from psychology and HCI, aims at studying what the UX is in order to model it and to promote its integration in interactive systems.

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation] User Interfaces – *User-centered design*. H.5.2 [Information Interfaces and Presentation] User Interfaces – *Ergonomics*.

General Terms

Design, Measurement, Performance, Experimentation.

Keywords

User Experience, Usability, Software Engineering, User-Centered Design

1. INTRODUCTION

Depuis plus de vingt ans, chercheurs et professionnels des Interactions Homme-Machine (IHM) développent des connaissances théoriques et des outils pratiques visant à améliorer l'utilisabilité des systèmes. L'intérêt porté à ce domaine est compréhensible au vu des bénéfices sous-jacents pour l'utilisateur et l'organisation : les systèmes facilement « utilisables » sont généralement associés à une hausse de la productivité, une diminution des erreurs, un besoin de formation et de maintenance réduit ou une meilleure acceptabilité des systèmes ([19], [11])

Mais depuis une dizaine d'années, l'intérêt de la communauté IHM se tourne vers le concept d'expérience utilisateur (UX), qui permet d'aller au-delà des aspects fonctionnels de l'utilisabilité. Centrée sur l'utilisateur et son expérience subjective vécue de l'interaction avec un système interactif, l'UX englobe, en plus des aspects fonctionnels, des dimensions moins utilitaires de l'interaction telles que l'émotion, l'hédonisme ou encore l'aspect esthétique.

Si certains s'interrogent sur la nature réelle de la valeur ajoutée de l'UX par rapport à d'autres notions existantes [2], pour Hassenzahl [7], l'UX n'est pas simplement « du vieux vin dans des bouteilles neuves » mais bien une perspective étendue et distincte sur la qualité des systèmes interactifs, mettant l'accent sur l'humain et les moteurs d'une expérience positive. Dans ce sens, ce concept novateur ouvrirait des perspectives nouvelles pour le domaine des IHM, non sans toutefois soulever de nombreuses questions, tant d'ordre théorique que méthodologique.

1.1 Qu'est-ce que l'expérience utilisateur ?

Le terme « expérience utilisateur » a été utilisé pour la première fois par Donald Norman dans les années 1990 afin de couvrir tous les aspects de l'expérience d'une personne avec un système [23]. Peu après, Alben [1] parlera de « qualité de l'expérience » et mettra en avant les sensations, la compréhension du fonctionnement, le ressenti durant l'usage, l'accomplissement des buts mais également le contexte global de l'interaction.

Depuis les années 2000, le concept d'UX est largement utilisé mais compris de diverses manières [24]. De nombreuses définitions ont été proposées ([8], [5], [16]) sans toutefois donner lieu à un consensus. D'après Law, Roto, Hassenzahl, Vermeeren & Kort [16], ce manque de clarté conceptuelle s'explique notamment par le fait que l'UX est associée à un large éventail de concepts flous et dynamiques et serait utilisée comme un terme générique regroupant ces divers éléments [24].

Plusieurs chercheurs se sont attelés à comprendre et délimiter le champ de l'UX ([6], [5], [16]). Ainsi, une enquête réalisée auprès de 275 professionnels et académiques, montre que l'UX serait essentiellement dynamique, contextuelle et subjective [16]. Par ailleurs, suivant la définition de l'UX proposée par Hassenzahl & Tractinsky [8], les répondants s'accordent sur l'importance de l'état interne de l'utilisateur, du contexte et de la nature temporelle de l'UX, sur laquelle se font focalisées plusieurs études ([21], [12], [13]).

Très récemment, un livre blanc sur l'UX [24] établit qu'elle est un sous-ensemble du concept général d'expérience, formée par une rencontre (active ou passive) avec des systèmes. Celle-ci serait propre à un individu, influencée par les expériences antérieures et les attentes de ce dernier. Elle serait également enracinée dans un contexte social et culturel. En revanche, les auteurs insistent sur le fait que l'UX n'est pas dirigée par la technologie mais réellement centrée sur l'humain.

Au niveau théorique, ces caractéristiques de l'UX nous renseignent sur les courants fondateurs du concept : théorie de l'activité [14], cognition distribuée [10], mais aussi évidemment études en utilisabilité [20] et design émotionnel [22]. N'oublions pas non plus les nombreuses connaissances développées en sciences humaines et sociales, notamment en psychologie, sur la notion d'expérience, inhérente à notre existence en tant qu'humain [24].

Plusieurs modèles de l'UX ont été proposés ([9], [12]) avec une prévalence des modèles structurels, qui établissent des relations de cause à effet entre des concepts, par rapport aux modèles de mesure, qui opérationnalisent les différentes dimensions [17]. Toutefois, là encore, aucun consensus n'a encore été atteint, les définitions de l'UX différant en fonction des modèles.

1.2 Les challenges à relever

L'UX est un concept récent qui devra faire face à de nombreux challenges pour parvenir à maturité et satisfaire pleinement les attentes de ses usagers.

Le manifeste de l'UX [18], publié en 2007, détaille les trois piliers qui soutiendront son développement (Figure 1).

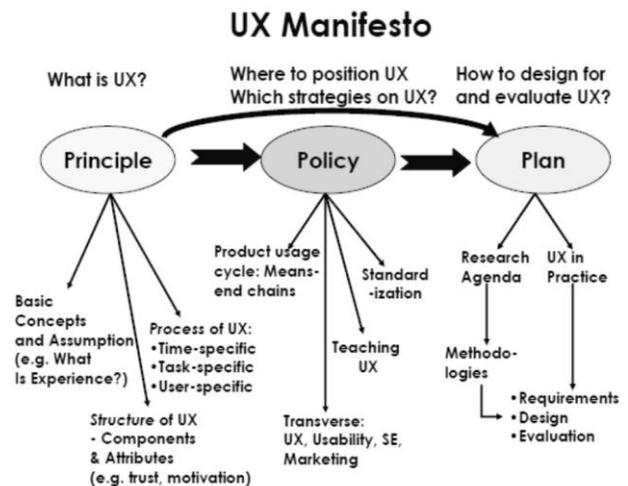


Figure 1 : Les trois piliers d'un manifeste de l'UX [18]

Ainsi, partant d'une réflexion approfondie sur ce qu'est l'UX, il s'agira d'étudier l'orientation stratégique du concept et notamment son positionnement par rapport aux autres champs disciplinaires. Enfin, le troisième pilier du manifeste, axé sur la conception et l'évaluation de l'UX, s'attellera principalement au développement de méthodologies [24].

En 2010, un agenda pour la recherche et la pratique concernant la modélisation de l'expérience utilisateur, a été publié [17].

2. QUESTIONS DE RECHERCHE

Suivant les axes de développement identifiés dans le manifeste de l'UX [18], les questions de recherche soulevées par cette étude sont les suivantes :

- (i) Qu'est-ce que l'expérience utilisateur ? Quelles sont les dimensions et sous-dimensions qui la composent ?
- (ii) Comment modéliser l'expérience utilisateur ? Comment les dimensions de l'expérience utilisateur s'articulent-elles ? Quels sont les liens d'interdépendance qui les unissent ?
- (iii) Comment mesurer et évaluer l'expérience utilisateur ? Comment construire un instrument de mesure valide et utilisable pour la conception et l'évaluation de systèmes interactifs ?

3. METHODOLOGIE

La méthodologie déployée dans cette thèse sera structurée suivant trois étapes : la définition de l'expérience utilisateur, la création d'une grille de critères et la proposition d'un modèle de l'UX ; la construction d'une échelle de mesure de l'UX.

3.1 Définition de l'expérience utilisateur

Cette première étape a pour but d'appréhender le concept d'expérience utilisateur, avec pour originalité de combiner les points de vues des trois principaux acteurs impliqués dans les systèmes interactifs : experts et chercheurs en utilisabilité et UX, concepteurs et experts en technologies de l'information, et bien entendu le point de vue des utilisateurs, qui reste au centre des préoccupations.

3.1.1 Revue de la littérature : le point de vue des experts

Une revue systématique de la littérature sur le concept d'expérience utilisateur et les concepts associés sera menée. L'investigation des différentes définitions et modèles existants de l'UX permettra d'en extraire les caractéristiques saillantes. Cette sous-étape devrait permettre d'atteindre une définition plus claire de la nature de l'UX et de sa composition, du point de vue de la recherche.

3.1.2 Une approche qualitative : le point de vue des utilisateurs

Parallèlement à la revue de la littérature, une approche qualitative sera mise en œuvre pour étudier l'expérience utilisateurs du point de vue des utilisateurs. Ainsi, une méthodologie d'étude longitudinale de l'UX vécue à travers l'usage de différents systèmes interactifs sera développée. Les sujets devront compléter des journaux de bord [3] visant à caractériser différents aspects de l'expérience et renseignant notamment sur le contexte, le système et l'état interne de l'individu avant, pendant et après l'usage. Les données recueillies dans les journaux seront enrichies par un entretien d'explicitation [25] et éventuellement par la participation à un focus group d'utilisateurs. Les données qualitatives collectées seront traitées de manière approfondie via un logiciel d'analyse textuelle, permettant ainsi une analyse sémantique de l'expérience vécue.

3.1.3 Un état des lieux des pratiques en UX : le point de vue des concepteurs

Enfin, pour compléter les perspectives envisagées suite au deux précédentes sous-étapes, le point de vue des concepteurs sera pris en compte. Des entretiens exploratoires et un questionnaire permettront de faire un état des lieux des connaissances et des pratiques en UX et d'en tirer des conclusions sur les besoins des concepteurs. Connaître les pratiques réelles et les besoins est en effet un prérequis essentiel pour quiconque souhaite faciliter l'intégration de l'UX dans les systèmes interactifs.

3.2 Création d'une grille de critères et proposition d'un modèle hypothétique de l'UX

3.2.1 Création de la grille de critères

La seconde phase de nos travaux consistera à créer une grille de critères d'analyse ergonomique de l'expérience utilisateur. Etablie sur base des informations bibliographiques et empiriques recueillies dans la première étape de notre méthodologie, cette grille visera à dégager des critères et sous-critères de l'UX.

Une fois créée, cette grille sera soumise à un panel d'experts pour validation. Elle devrait être utile à la fois pour la conception et l'évaluation des systèmes interactifs.

3.2.2 Proposition d'un modèle hypothétique de l'UX

Lorsque les dimensions et sous-dimensions constitutives de l'UX auront été identifiées, notre objectif sera de proposer un modèle structurel hypothétique de l'UX. Ce dernier décrira les liens et relations causales supposées entre les dimensions du concept. La troisième et dernière étape de notre méthodologie aura ainsi pour but de valider ce modèle par la création d'une échelle de l'UX.

3.3 Construction d'une échelle de l'UX

3.3.1 Construction de l'échelle

Construire une échelle de l'expérience utilisateur implique de recenser dans la littérature et d'étudier les outils de mesure du même type utilisés dans les études sur l'UX ou l'une de ses composantes, définies lors des deux premières étapes de notre démarche. Des informations précieuses sur le nombre optimal d'items par dimension ou sur la formulation de ces derniers pourront ainsi servir de base à la création de l'échelle. Notons que l'aspect temporel central dans la notion d'UX sera pris en compte à cette étape.

3.3.2 Cas d'études et validation statistique

Dans un second temps, l'échelle sera éprouvée à travers plusieurs cas d'études. Une première passation du questionnaire sera effectuée lors de tests utilisateurs en laboratoire d'utilisabilité, avant la diffusion du questionnaire à plus grande échelle sur un mode auto-administré.

Divers tests statistiques (notamment analyse factorielle et modèles d'équation structurels) permettront de valider et d'affiner cette échelle [4] ainsi que de tester le modèle hypothétique de l'UX préalablement établi.

Finalement, les résultats obtenus à travers le déploiement de cette méthodologie nous permettront d'apporter un éclairage conceptuel complémentaire sur la notion d'expérience utilisateur, tout en tenant compte des différents points de vue cohabitant dans ce champ de l'IHM.

Cette étude supportera également la création d'outils pour la conception et l'évaluation de l'UX dans les systèmes interactifs. Ces derniers, conçus pour être aisément utilisables, devraient favoriser la diffusion et l'harmonisation des bonnes pratiques sur l'UX chez les professionnels et servir de base pour de futurs travaux de recherche académique.

3.4 Synthèse de la méthodologie

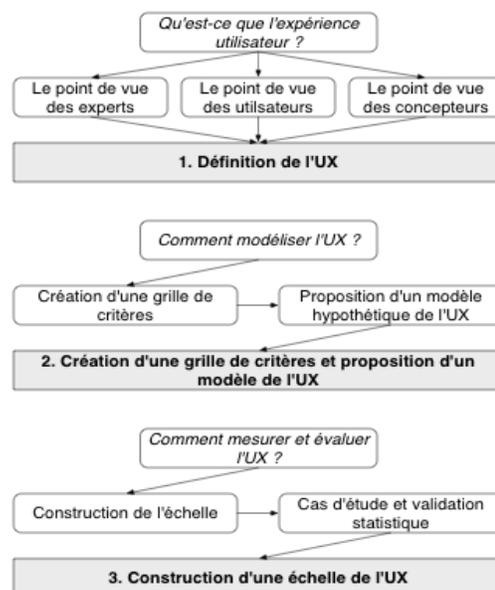


Figure 2 : Schéma synthétique de la méthodologie

4. CONCLUSION

L'expérience utilisateur est un concept récent mais dont les intérêts pratique et théorique semblent fondamentaux puisqu'il permet de compléter les aspects uniquement fonctionnels de l'utilisabilité et de témoigner plus globalement des processus à l'œuvre dans les IHM. De caractère essentiellement pluridisciplinaire, de nombreuses perspectives sur l'UX cohabitent et s'opposent quelquefois. Ainsi, la principale limite de ce concept réside à l'heure actuelle dans le manque de consensus entourant sa définition et son évaluation.

Pour parvenir à une meilleure compréhension de ce qu'est l'UX, nous faisons l'hypothèse qu'un croisement des points de vue de l'expert, du concepteur et de l'utilisateur est nécessaire. Une étude des fondements théoriques de l'UX, incluant les nombreuses connaissances développées en psychologie sur la notion d'expérience, permettrait d'asseoir ce concept sur un socle solide et de capitaliser dans le champ de l'IHM les savoirs acquis préalablement dans les champs disciplinaires associés, notamment ceux des sciences humaines et sociales.

5. REMERCIEMENTS

Ce travail de thèse est rendu possible grâce au financement accordé par le Fond National de la Recherche (Luxembourg). L'auteure tient également à remercier ses encadrants institutionnels et universitaires : Dr. Guillaume Gronier (CRP Henri Tudor), Dr. Vincent Koenig et Prof. Romain Martin (Université du Luxembourg).

6. REFERENCES

- [1] Alben, L. (1996) Quality of Experience: Defining the Criteria for Effective Interaction Design, *Interactions*, 3, 11.
- [2] Barcenilla, J., & Bastien, J.M. (2009) L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le Travail Humain*, 72, 4, 311-331.
- [3] Bolger, N., Davis, A., & Rafaeli, E. (2003) Diary Methods: Capturing Life as it is lived. *Annu. Rev. Psychol.*, 54, 579-616.
- [4] Churchill, G. A. (2009) A paradigm for developing better measures of marketing constructs, *Journal of Marketing*, 16, 64-73.
- [5] Desmet, P. M. A., & Hekkert, P. (2007). Framework of product experience. *Int. Journal of Design*. 1, 1, 57-66.
- [6] Forlizzi, J., & Ford, S. (2000). The building blocks of experience: An early framework for interaction designers. *Proceedings of Designing Interactive Systems*, New York, USA.
- [7] Hassenzahl, M. (2008) User Experience (UX): Towards an experiential perspective on product quality. *Proceedings of IHM'08*, Metz, France.
- [8] Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006) User experience – a research agenda. *Behaviour and Information Technology*, 25, 2, 91-97.
- [9] Hassenzahl, M. (2003). The thing and I: understanding the relationship between user and product. In: Blythe, M., Overbeeke, C., Monk, A.F., Wright, P.C. (Eds.), *Funology: From Usability to Enjoyment*. Kluwer: Dordrecht, 31–42.
- [10] Hollan, J.D., E.L. Hutchins and D. Kirsh (2000) Distributed Cognition: A New Theoretical Foundation for Human-computer Interaction Research. *ACM Transactions on Human-Computer Interaction*, 7, 2, 174-196
- [11] ISO 9241-210 (2010). Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems. Geneva, Switzerland: ISO
- [12] Karapanos, E., Zimmerman, J., Forlizzi, J., Martens, J.B., (2010). Measuring the dynamics of remembered experience over time. *Interacting with Computers* 22, 5, 328–335
- [13] Kujala, S., et al. (2011) UX Curve: A method for evaluating long-term user experience. *Interact. Comput.* (In press)
- [14] Kuutti, K. (1996) Activity Theory as a Potential Framework for Human-computer Interaction Research. In B.A. Nardi (ed.), *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-computer*.
- [15] Interaction. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 17–44.
- [16] Law, E., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. & Kort, J. (2009) Understanding, scoping and defining UX: a survey approach. In *Proceedings of CHI 2009*, Boston, USA.
- [17] Law, E., & Van Schaik, P. (2010). Modelling User Experience – An agenda for Research and Practice. *Interacting with computers*, 22, 313-323.
- [18] Law, E., Vermeeren, A. Hassenzahl, M., & Blythe, M. (2007) Towards a UX Manifesto. *COST294-MAUSE affiliated workshop*, Lancaster, UK.
- [19] Maguire, M. (2001). Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 4, 587-634.
- [20] Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. New York: AP Professional.
- [21] Norman, D.A. (2009) Memory is More Important than Actuality. *Interactions*, March + April, 24–26.
- [22] Norman, D. (2004) Emotional design: Why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books
- [23] Norman, D., Miller, J., & Henderson, A. (1995) What You See, Some of What's in the Future, And How We Go About Doing It: HI at Apple Computer. In *Proceedings of CHI 1995*, Denver, Colorado, USA
- [24] Roto, V., Law, E., Vermeeren, A., & Hoonhout, J. (2011) *User Experience White Paper: Bringing clarity to the concept of user experience*. Result from Dagstuhl Seminar on Demarcating User Experience, Finland.
- [25] Vermersch, P. (1994) *L'entretien d'explicitation en formation continue et initiale*, Paris : ESF.
- [26] Vermeeren, A., Law, E., Roto, V., et al. (2010). User Experience Evaluation Methods: Current State and Development Needs. In *Proc. NordiCHI2011*

Nouvelles techniques d'interaction pour les dispositifs miniaturisés de l'informatique mobile

Simon T. Perrault

Telecom ParisTech – CNRS LTCI UMR 5141

46, rue Barrault, 75013 Paris

+33 1 45 81 73 62

simon.perrault@telecom-paristech.fr

RESUME

L'évolution récente des technologies de l'information invite les chercheurs en interaction homme-machine (IHM) à se pencher sur la question de l'échelle. On assiste à une multiplication spectaculaire des terminaux mobiles, dont la mobilité est obtenue au prix de leur miniaturisation. Si l'on parvient aujourd'hui à réduire un ordinateur aux dimensions d'une carte bancaire, on se heurte au problème critique des entrées-sorties. La montre-bracelet d'IBM dispose ainsi d'un système d'exploration complet, mais il ne discrimine que quatre positions du doigt sur son écran tactile, d'où un flux d'information dramatiquement insuffisant en entrée. Du point de vue de l'IHM, il paraît clair que la solution générale au problème de la miniaturisation matérielle devrait consister à sortir l'interface utilisateur de l'espace réduit de la machine, mais tout est à inventer. Il s'agit dans cette recherche de concevoir, développer et évaluer expérimentalement de nouvelles techniques d'interaction adaptées à l'espace raréfié des dispositifs mobiles. En ce qui concerne son volet évaluation, le projet tire profit des avancées méthodologiques récemment réalisées dans l'équipe d'accueil dans l'étude du pointage à des niveaux d'échelles sous-optimaux.

Mots clés

Informatique portée, joaillerie numérique interactive, miniaturisation, utilisabilité, pointage, loi de Fitts.

ABSTRACT

Recent development in information technology invites researchers in human-computer interaction (HCI) to address the issue of scale. The usage of mobile phones, whose mobility is achieved at the cost of their miniaturization, has increased dramatically. Now it may be possible to decrease the size of a computer to that of a credit card but such a computer would have critical input-output problems. IBM's wristwatch has a complete operating system, but it discriminates only four positions of the finger on its touchscreen, resulting in a flow of information that is dramatically insufficient for input. From the perspective of the GUI, it seems clear that the general solution to the miniaturization problem should be to move the user interface away from the machine, but everything has to be invented. In this thesis, we will design,

develop and evaluate new interaction techniques adapted to small mobile devices. As for the evaluation component, the project takes advantage of recent methodological advances made by the host team while studying pointing at sub-optimal scale levels.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces And Presentation]: User Interface.
I.3.6 [Methodology and Techniques]: Interaction techniques.

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Wearable computing, digital jewelry, miniaturization, usability, pointing, Fitts' law.

1. INTRODUCTION

En 2001, IBM présentait le concept de bijoux numériques [9], puis une montre ordinateur embarquant un système d'exploitation Linux [10]. De tels objets soulèvent de nombreux problèmes en termes d'interaction : petite taille, peu de boutons physiques, écran petit ou inexistant. L'intégration de nouveaux capteurs (accéléromètre, gyroscope, caméra, boussole, capteur de pression...) permettant de détecter les mouvements, l'orientation, la pression ou encore le champ magnétique apporte de nouvelles possibilités d'interaction fondées sur les gestes que l'utilisateur réalise avec son dispositif. De par le facteur de forme (petite taille, poids), la connectivité (Bluetooth, Wifi) et les spécificités d'usage (l'utilisateur a en permanence le dispositif sur lui) des petits dispositifs mobiles, ce nouveau type d'interaction leur est particulièrement adapté. Nous avons donc décidé de nous intéresser à ce type d'interaction afin d'augmenter la bande passante interactionnelle des bijoux numériques interactifs.

Nous avons découpé notre travail en deux parties distinctes mais complémentaires. En premier, nous avons décidé de nous intéresser à la loi de Fitts [4] dans le contexte de l'informatique miniaturisé : notre but étant de tester les limites de validité de cette loi. Celle-ci permet de prédire le temps moyen (MT) d'acquisition d'une cible de largeur W située à une distance D selon la formule :

$$MT = a * \log_2 (D/W) + b \quad (1)$$

avec a et b constantes expérimentales. Comme on le note, l'équation précédente implique que le temps ne dépend que du ratio D/W , en somme que les résultats seraient les mêmes pour les couples $\{D=1\text{mm} ; W=0.1 \text{ mm}\}$ et $\{D=1 \text{ km} ; W=100\text{m}\}$. Nous prenons pour hypothèse qu'il existe une valeur d'échelle S_{\min} au

dessous de laquelle W devient le seul facteur important, et inversement, une valeur d'échelle S_{max} où D devient le seul facteur important sur une grande échelle.

D'un autre côté, en étudiant la littérature, nous avons constaté que celle-ci se concentre sur l'informatique dite portée (vêtements augmentés), et que dans ce domaine, les bijoux numériques semblaient les plus prometteurs. Les avantages induits (présence permanente, petite taille) nous ont convaincu de nous intéresser spécifiquement à ce sous-domaine. Notre premier travail a donc consisté à mettre au point un questionnaire afin de connaître les habitudes des gens sur le port de bijoux, mais aussi, les possibles utilisations qu'ils souhaiteraient faire de bijoux numériques, c'est-à-dire augmentés de capteurs pour permettre l'interaction. Suite à cette première étape, nous avons classifié l'état de l'art pour faire émerger un espace de classification tentant de mettre en relief les problématiques du domaine, et les possibles solutions qui n'ont pas encore été explorées [12]. Cet espace s'inscrit dans la continuité d'autres taxonomies réalisées sur des domaines proches, comme les dispositifs mobiles [14], ou l'interaction gestuelle [1]. L'approche de cette thèse est donc à la fois théorique et pratique.

2. LOI DE FITTS : UN NOUVEAU PARADIGME

Nous avons entrepris une étude en profondeur de la loi de Fitts. En effet, il existe actuellement de nombreuses manières de formuler la loi de Fitts, toutes relativement satisfaisantes. L'écriture logarithmique classique permet un parallèle avec la théorie de l'information de Shannon [15]. Nous détaillons maintenant les différentes étapes de notre démarche.

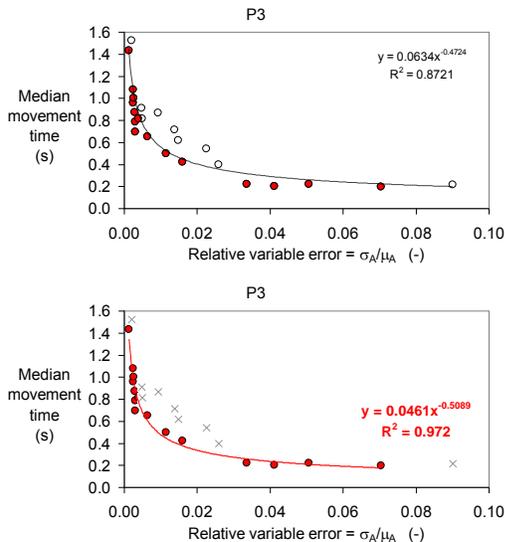


Figure 1 : Résultats d'un participant après élimination des points non pertinents

2.1 Protocole expérimental

Tout d'abord, il nous fallait mettre au point un protocole expérimental, assurant une précision maximale pour tous les niveaux d'échelles (de quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres). En outre, nous avons choisi de ne pas fixer la taille de la cible à acquérir, en nous basant sur les travaux récents d'Yves Guiard [5] qui permettent de nous baser sur l'amplitude moyenne du mouvement de l'utilisateur, définie comme la

distance du point de départ au point d'arrivée notée μ_A , et sur la dispersion de la distribution des points (l'écart-type), notée σ_A , en lieu et place de D et W . La formule devient donc :

$$\mu_T = a * \log_2 (\sigma_A / \mu_A) + b \quad (2)$$

Pour cette première expérience, nous avons utilisé une tablette graphique Wacom Intuos3, reliée à un PC. L'écran du PC affichait une image composée de deux lignes rouges : la première était le départ du mouvement, et la seconde, l'arrivée. Les utilisateurs devaient se positionner sur la tablette, laquelle comportait un « guide », une sorte de glissière rectiligne. L'amplitude du mouvement à réaliser était d'exactement 150 mm, soit la distance entre les deux lignes à l'écran.

Seize participants, tous droitiers, ont participé à l'expérience. L'expérience se décomposait en 5 blocs x 5 instructions x 15 mouvements. Les instructions allaient de « effectuer le mouvement le plus rapidement possible » à « effectuer le mouvement le plus précisément possible ». Nous avons ensuite représenté sur un graphe les résultats des 25 blocs (5 x 5 instructions), pour chaque participant, avec en abscisses le rapport σ_A / μ_A et en ordonnées le temps de mouvement médian de chaque bloc (μ_T). L'étape suivante a été d'effectuer une régression linéaire sur ce nuage de points, afin de mettre en avant la relation entre les deux variables.

2.2 Régressions linéaires

Pour caractériser cette relation, nous avons testé par la régression linéaire trois types de modèles, le modèle logarithmique classique de l'éq. (2), mais aussi le modèle exponentiel et puissance :

$$\mu_T = a * e^{b * \sigma_A / \mu_A} \quad (3)$$

$$\mu_T = a * (\sigma_A / \mu_A)^b \quad (4)$$

et c'est l'éq. (4) qui modélise le mieux nos données. Le participant s'efforce toujours, sous la pression de la consigne, de minimiser le temps μ_T et l'erreur σ_A / μ_A mais il n'est pas toujours disponible à 100% de ses capacités, ce qui implique qu'il y a des points de performance moindre. Pour isoler ces points, nous avons opté pour une méthode simple : pour chaque point expérimental on détermine s'il se trouve au-dessus ou en-dessous de la courbe modèle. Une fois éliminés les points situés au-dessus, on refait une nouvelle régression linéaire (en loi puissance) et l'on détermine à nouveau les coefficients a et b de l'équation (4). La Figure 1 montre ces deux étapes.

2.3 Nouvelle équation

Sélectionnant nos 13 meilleurs participants (sur 16) en nous basant sur la valeur de leurs coefficients a , nous avons pu observer que le coefficient b de l'équation (4) était très proche de -0,5. D'où la possibilité de réécrire l'équation comme une loi racine carrée :

$$\mu_T = a / \sqrt{\sigma_A / \mu_A} \quad (5)$$

$$\mu_T * \sqrt{\sigma_A / \mu_A} = a \quad (6)$$

Ce résultat nous permet d'exprimer la loi de Fitts avec un *unique* coefficient ajustable. Cette nouvelle forme de la loi a fait l'objet d'une publication à CHI 2011 [6]. Conservation des ressources L'équation (6) met en avant une propriété intéressante du coefficient a : il se conserve quand la stratégie de l'utilisateur varie. Nous utilisons donc « a » pour noter la quantité de ressources disponibles pour l'utilisateur. Cette quantité est très

proche de la notion de **throughput**. Il existe deux manières de calculer le throughput :

1. La méthode défendue par MacKenzie et al. dans [8]

$$TP_m = \log_2(\mu_A / 4,133\sigma_A + 1) / \mu_T$$
2. La méthode défendue (entre autres) par Zhai dans [16], qui indique que le throughput est l'inverse de la pente de l'équation (2).

$$TP_z = \log_2(\mu_A / 4,133\sigma_A + 1) / (\mu_T - b)$$

Nous avons comparé notre quantité de ressources, le coefficient a de l'éq. (6), aux deux manières connues de calculer le throughput (TP_m et TP_z). Nos résultats indiquent que notre quantité de ressources restait constante, quelles que soient les instructions données à l'utilisateur, ce qui n'est pas le cas de TP_z et TP_m . Ce résultat a fait l'objet d'une soumission à CHI 2012 [11].

2.4 Perspectives

Nous cherchons à vérifier si la loi de Fitts est toujours valide sur les petits dispositifs mobiles, comme les bijoux digitaux. Le cas échéant, nous pourrions spécifier une autre loi empirique plus adaptée à ce domaine, pour l'évaluation de techniques d'interaction. Nous avons démarré trois nouvelles expériences où nous faisons varier :

1. L'échelle visuelle uniquement, de 150 mm à 9,38 mm. L'échelle motrice est toujours de 150 mm.
2. L'échelle motrice uniquement, de 150 mm à 9,38 mm. L'échelle visuelle reste constante à 150 mm.
3. Les deux échelles, de 150 mm à 9,38 mm, de telle sorte que le rapport entre les deux échelles soit toujours de 1 (1 mm de mouvement sur la tablette = 1 mm à l'écran).

Cela nous permettra de déterminer s'il existe bien une valeur d'échelle S_{min} en dessous de laquelle la loi de Fitts n'est plus valide, et de déterminer si ce niveau d'échelle concerne le mouvement et/ou la vision [3].

3. INTERACTION AVEC LES BIJOUX NUMERIQUES

Le second volet de la thèse est dédié à la conception de techniques d'interaction avec les petits dispositifs mobiles, et plus particulièrement les bijoux numériques. Ces derniers sont des bijoux normaux, qui se trouvent augmentés de composants électroniques, permettant à leur porteur d'interagir avec. Les bijoux numériques les plus vendus sont les montre-téléphones¹.

Par rapport à un dispositif mobile plus grand, les bijoux numériques possèdent l'avantage d'être en permanence en contact avec l'utilisateur, en plus d'être très facilement accessibles, et généralement facilement visibles de l'utilisateur, qui n'a donc pas besoin de le sortir d'un sac ou d'une poche pour le consulter. En contrepartie, leur petite taille rend l'interaction difficile : il est difficile de placer des boutons ou un écran sur un tel dispositif.

3.1 Enquête sur les bijoux numériques

Afin de mieux cerner les connaissances de potentiels utilisateurs, ainsi que leurs attentes, nous avons mis au point un questionnaire qui a été soumis à 68 personnes, par le biais d'Internet. Dans un premier temps, nous désirions connaître les fréquences de port des bijoux chez les sondés (parmi bagues/anneaux, bracelets/montre,

colliers/pendentifs, broches, piercings). Un rapide scénario d'utilisation était décrit, et, pour chaque tâche indiquée, les utilisateurs devaient indiquer l'intérêt (et non faisabilité) de cette dernière, en donnant une note entre 1 (pas intéressant) et 5 (très intéressant). Finalement, les répondants devaient indiquer s'ils seraient prêts à utiliser des bijoux numériques au quotidien en justifiant leur réponse.

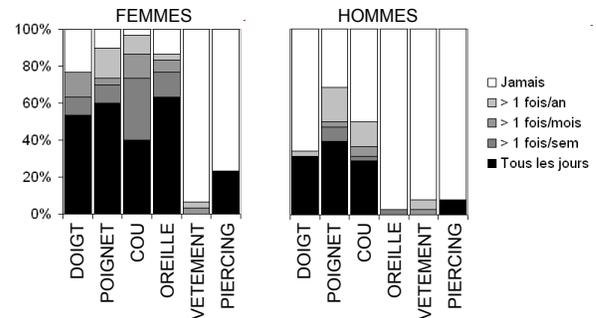


Figure 2 : Fréquence du port de bijoux à divers endroits corporels, séparément pour les femmes et les hommes

Les premiers résultats de l'enquête (Figure 2) indiquent qu'une bonne proportion des sondés portent régulièrement au moins un bijou, en particulier les femmes. A noter que le domaine ne semblait pas très bien connu des sondés (moins de 30% de répondants connaissaient l'existence de bijoux numériques). Un autre résultat concerne l'intérêt porté aux bijoux numériques à l'issue de l'enquête : 60% des personnes interrogées déclarent être prêtes à utiliser des bijoux numériques, pourcentage qui monte à 74% des personnes portant un bijou régulièrement.

3.2 Classification de la littérature

Nous avons ensuite entrepris de classifier les techniques d'interaction existantes dans la littérature. En terme de modalité d'interaction, la contrainte de taille rend l'interaction gestuelle plus complexe, c'est pourquoi nous nous sommes spécifiquement intéressés à ce type d'interaction. Deux approches existent dans la littérature pour contourner les problèmes induits par la taille : l'interaction *autour* du dispositif, sans contact, où le dispositif fait office de référentiel pour le mouvement de la main (comme par exemple dans Abracadabra [7]). L'autre possibilité est d'exploiter les mouvements du dispositif dans le référentiel environnant [1].

Les résultats de l'enquête ainsi que le classement de la littérature a été détaillé dans l'article [12]. Ce travail nous a permis de mettre en avant certains oublis de la littérature, comme par exemple, le fait qu'il n'existe pas de boucles d'oreille augmentées (alors que la Figure 2 montre que c'est le bijou le plus porté par les femmes), ou que les mouvements du collier ne sont jamais considérés pour l'interaction. En outre, l'enquête a permis de dégager une liste de tâches que les (futurs) utilisateurs de bijoux numériques souhaitent pouvoir effectuer.

3.3 Projet Watch It

L'étude de la littérature, ainsi que les résultats de l'enquête nous ont suggéré de nous intéresser à la montre interactive, et en particulier au bracelet de celle-ci, dont la surface n'est traditionnellement pas utilisée. Nous avons donc réalisé un prototype de bracelet interactif (Figure 3) avec des potentiomètres, puis mis au point une technique d'interaction gestuelle qui a été évaluée. Ce travail a fait l'objet d'une soumission à CHI 2012 [13].

¹ <http://www.veadigital.com/>

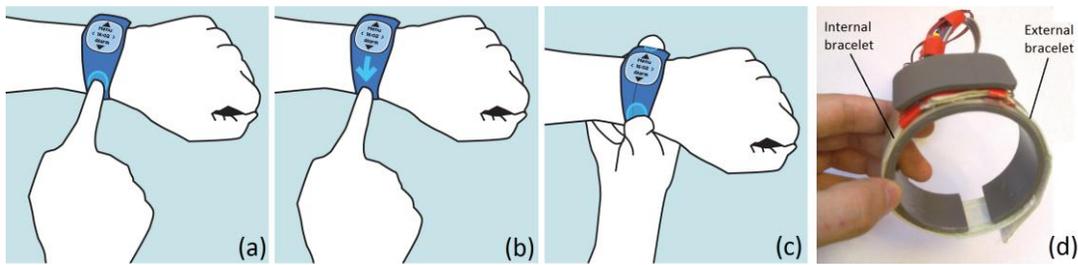


Figure 3 : WatchIt permet d'interagir avec des gestes sur le bracelet: (a) avec un doigt en pointant sur le bracelet interne, (b) en glissant sur le bracelet interne, (c) avec deux doigts, (d) le prototype expérimental WatchIt. Les gestes (a) et (b) sont aussi faisables sur le bracelet externe.

4. PERSPECTIVES

A la suite des différents travaux présentés ci-dessus nous souhaitons étudier ou approfondir plusieurs axes de recherche.

Le premier axe consiste à poursuivre l'étude de l'interaction sur bijoux numériques. Plusieurs pistes s'offrent à nous, en premier lieu, l'augmentation du bracelet qui semble particulièrement prometteuse d'après les premiers travaux effectués dans ce sens [13]. L'enjeu de ce prototype est aussi de faire un lien plus concret entre la loi de Fitts (qui sert de référence pour les tâches de pointage) et les bijoux numériques : avec un bracelet « tactile » il serait alors possible de faire une expérience classique sur de petites échelles, et corroborer les éventuels résultats des expériences en cours décrites dans la partie 2.

Une autre approche pratique serait l'exploration d'alternatives aux retours d'interactions visuels. Jusque là, nous nous sommes focalisés sur l'entrée (input), mais les problématiques générales du domaine s'appliquent aussi bien aux sorties (output). Nous souhaiterions nous intéresser de plus près à l'utilisation de vibreurs disposés à plusieurs endroits vibrant à tour de rôle, ou à l'utilisation d'une diode. La diode consomme peu d'énergie et peut s'intégrer facilement à un tout petit dispositif. En faisant clignoter celle-ci de différentes couleurs et à différentes fréquences, nous souhaiterions voir combien de cas différents nous pourrions isoler. Cela permettrait surtout d'alléger les sorties visuelles classiques des bijoux interactifs (écran de la montre par exemple).

Enfin, le dernier axe plus théorique permettra de fournir de nouveaux outils pour la mise en place de techniques d'interaction en entrée sur bijoux digitaux. Les expériences précédemment décrites sont en cours de passage ou d'analyse de résultats.

5. CONCLUSION

Ce travail de thèse consiste en une étude de la loi de Fitts dans de faibles niveaux d'échelles, afin de déterminer un nouveau paradigme qui servira à évaluer des techniques d'interaction adaptées aux petits dispositifs mobiles en général, et aux bijoux numériques en particulier. Ensuite, une étude a été réalisée, et a permis de confirmer l'intérêt porté par de potentiels utilisateurs aux bijoux numériques. Enfin, nous avons réalisé un espace de classification des nombreuses techniques d'interaction gestuelles existantes. En s'appuyant sur cet espace, nous allons concevoir et comparer différentes techniques d'interaction gestuelle sur plusieurs bijoux (colliers, bracelets, anneaux), puis les évaluer grâce au volet théorique de cette thèse.

6. REFERENCES

- [1] Ashbrook, D., Baudisch, P., and White, S. Nanya : Subtle and Eyes-Free Mobile Input with a Magnetically-Tracked Finger Ring. In Proc. *CHI 2011*, ACM Press (2011).
- [2] Baglioni, M., Lecolinet, E., and Guiard, Y. 2009. Espace de caractérisation des interactions gestuelles physiques sur dispositifs mobiles. In Proc. *IHM '09*, ACM Press (2009).
- [3] Chapius O., Dragicevic P. Effects of Motor Scale, Visual Scale and Quantization on Small Target Acquisition. In *ToCHI* 18, 3, Article 13 (August 2011), 32 pages.
- [4] Fitts, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. In *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391.
- [5] Guiard, Y. (2009). The problem of consistency in the design of Fitts' law experiments: Consider either target distance and width or movement form and scale. In Proc *CHI'09*.
- [6] Guiard, Yves, Olafsdottir, Halla B. and Perrault, Simon T., Fitts' Law as an Explicit Time/Error Trade-Off. In Proc *CHI'11*.
- [7] Harrison, C. and Hudson, S.E. Abracadabra: wireless, high-precision, and unpowered finger input for very small mobile devices. In Proc. *CHI'09*, ACM (2009), 121-124.
- [8] MacKenzie, I.S. & Isokoski, P. (2008). Fitts' throughput and the speed-accuracy tradeoff. In Proc *CHI'08*.
- [9] Miner, C.S., Chan, D.M., and Campbell, C., Digital Jewelry: Wearable Technology for Everyday Life. In Proc. *CHI'01*.
- [10] Narayanaswami, C., Kamijoh, N., Raghunath, M.T., et al., IBM's Linux watch, the challenge of miniaturization. In *IEEE Computer*, Vol 35(1), January (2002), 33-41.
- [11] Olafsdottir, H., Perrault, S. T., Guiard, Y. and Rioul, O., Testing Fitts' Throughput Invariance: Some New Data and a Warning about Jensen's Inequality, Soumis.
- [12] Perrault, Simon T., Bailly, Gilles, Guiard, Yves and Lecolinet, Eric, Promesses et contraintes de la joaillerie numérique interactive : Un aperçu de l'état de l'art, In Proc. *IHM'11*, To appear.
- [13] Perrault, S. T., Lecolinet, E., Guiard, Y., WatchIt: Simple Gestures for Watchstrap Interaction, Soumis.
- [14] Roudaut, Anne and Lecolinet, Eric, Un espace de classification pour l'interaction sur dispositifs mobiles. In Proc. *IHM '07*, ACM Press (2007), 99-106.
- [15] Shannon, C., A mathematical theory of communication. In *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948
- [16] Zhai, S. (2004). Characterizing computer input with Fitts' law parameters: The information and the noninformation aspects of pointing. *Int J Human Computer Studies*, 61.

Assistance Proactive Mutuelle

Hajer SASSI

Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille
 Université des Sciences et Technologies de Lille
 59655 Villeneuve d'Ascq cédex-France

xBrainLab-Groupe Usilink
 165 Avenue de Bretagne
 59000 Lille– France

+33(0)634540402

Hajer.sassi@ed.univ-lille1.fr

RESUME

Les environnements de l'informatique ambiante mettent en œuvre de nombreuses entités de plus en plus intelligentes dont le but est de satisfaire au mieux les besoins des utilisateurs. Or ces besoins ne cessent d'évoluer et de se complexifier en adéquation avec les technologies proposées, exigeant dans certains cas des personnes expertes afin d'être sollicitées. L'un des challenges majeurs et objectif principal sur la base de ces éléments est la mise en œuvre de services adaptatifs permettant d'assister au mieux les besoins issus des deux mondes différents : le monde réel (humains) et le monde virtuel (« l'Internet des Objets »). Dans cet article, nous détaillons notre problématique de recherche, notre démarche de résolution ainsi que l'état actuel de nos travaux.

Mots clés

Intelligence Ambiante, système adaptatif, Interaction Homme-Machine, assistance proactive.

ABSTRACT

Ubiquitous computing contexts make use of a number of entities that are increasingly becoming more intelligent in order to ensure user need satisfaction. As a result, user needs are expanding and becoming more complex with the arrival of newly suggested technologies that require case by case expert interaction. Based on the previously-stated elements, one of biggest challenges and main goal will be to make use of adaptive service computing which provide the best support to both the needs of the real world (human beings) and those of the virtual world (the internet of objects). In this paper, we will explain our research topic, our approach to find a solution and give you an up-date status of our work.

Keywords

Ambient Intelligence, adaptative system, Human-Machine Interaction, proactive assistance.

1. INTRODUCTION

Les technologies de l'informatique ubiquitaire sont en perpétuelle (r)évolution : les capacités de traitement et de communication de l'information croissent au même rythme que la miniaturisation des supports. Aujourd'hui, tous les objets adressables dans « l'Internet des Objets » ont commencé à dialoguer entre eux ; les interfaces homme-machine deviennent de plus en plus naturelles et intuitives en intégrant reconnaissance/synthèse vocale, geste,

capteurs (physiques, virtuels ou logiques) et en facilitant la perception de l'environnement...

En s'appuyant sur cette évolution technologique, des nombreux travaux de recherches ont été réalisés autour de l'« intelligence ambiante (IAM) » dont le but est d'améliorer le confort de l'utilisateur ; il préfère déléguer des nombreuses tâches quotidiennes et confier certaines informations et décisions à un tiers afin d'être moins sollicité (être servi selon son contexte d'usage). Pour répondre à ces besoins, nous proposons la notion d'assistance proactive qui se base sur la notion d'anticipation des besoins. Selon Salovaara & Oulasvirta [11], « ... *the concept proactive refers to two critical features of a system : 1) that the system is working on behalf of (or pro) the user, and 2) is taking initiative autonomously, without user's explicit command.* »

Nous nous plaçons donc dans le cadre d'applications d'assistance proactive où l'utilisateur est servi sans aucune demande explicite de sa part.

L'objet de cet article est, dans un premier temps, d'illustrer notre problématique de recherche puis dans un second temps, nous tenterons de détailler notre démarche de résolution, et de montrer comment, dans la continuité des travaux d'assistance, l'intelligence ambiante proactive pourra mieux satisfaire les utilisateurs en considérant davantage leur contexte d'usage.

2. ETAT DE L'ART

Depuis dix ans, les capacités de traitement et de communication de l'information croissent au même rythme que la miniaturisation des supports physiques. Nous ne parlons plus d'informatique traditionnelle, mais plutôt d'informatique ubiquitaire/ambiante, développée par Mark Weiser [18] au cours des années 80 à Xerox Parc. Selon lui, ce nouveau concept a pour but de permettre à l'ordinateur de « vivre » dans le monde des hommes et de s'y intégrer au point de « se fondre » dans notre environnement et disparaître (the disappearing computer).

La rencontre de l'informatique ubiquitaire et de l'intelligence artificielle a donné naissance à l'intelligence ambiante qui repose sur une vision où la technologie est intégrée dans les objets courants afin de permettre leur adaptation aux utilisateurs ainsi qu'au contexte.

Citons quelques travaux, mis en place autour des années 2000, dont les domaines d'application sont respectivement le bureau, l'éducation et l'environnement domestique qui nous intéresse plus particulièrement. La première réalisation rétrospectivement considérée comme de l'intelligence ambiante, est le système Active Badge [16]. L'objectif de ce travail est de rediriger les appels téléphoniques (dans un hôpital par exemple) en fonction de la position des personnes concernées. La localisation est effectuée à partir d'un émetteur infrarouge (l'active badge) attaché à la personne et de récepteurs situés dans les différentes pièces. Ce

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

système de localisation a été amélioré [17] afin d'envisager des services plus élaborés comme la redirection d'affichage sur l'écran en face de soi, etc. En 1998, Coen a créé l'Intelligent Room du MIT [3]. Il s'agit d'une salle de conférence ordinaire augmentée de douze caméras, de deux vidéo-projecteurs, de divers dispositifs d'affichage, de microphones sans fils et de haut-parleurs. Le but de cette salle est d'expérimenter différentes formes d'interactions multimodales. Le choix de la grammaire utilisée pour la reconnaissance de parole est, par exemple, basé sur l'activité courante détectée. Dans le domaine de l'éducation, le projet eClass [1] est une salle de classe augmentée mise en place à l'université Georgia Tech. Elle possède un système d'enregistrement audio et vidéo, un tableau blanc électronique ainsi que des systèmes de prises de notes individuels. L'objectif était de capturer les différents échanges/interactions qui ont lieu lors d'un cours et de permettre d'avoir accès ultérieurement à l'aide d'une interface web. Restant sur le même domaine, nous citons le projet Smart Classroom [19, 15] de l'Université de Tsinghua. Ce projet permet d'intégrer le télé-enseignement au sein d'une classe traditionnelle. Arrivant à la domotique, les premiers projets ont été développés à l'université du Colorado par Mozer : The Adaptive House [8]. L'Adaptive House est une maison intelligente équipée de 75 capteurs permettant de fournir des informations environnementales comme la température, la lumière ambiante, le niveau sonore, ainsi que les ouvertures de portes et de fenêtres. Elle est également équipée d'effecteurs tels que le contrôle des éclairages, du chauffage central, du chauffage de l'eau, de la ventilation afin de gérer au mieux l'énergie tout en assurant un environnement confortable. Dans la même lignée, citons également le projet DOMUS [6], suite équipée de capteurs et d'actionneurs de type domotique basée sur le standard européen KNX (Konnex), de l'équipe Multicom de l'université de Grenoble. L'objectif de ce projet est la gestion de confort de l'environnement ainsi que l'adaptation de manière automatique et transparente au comportement des utilisateurs. Nous pouvons aussi citer le projet de MavHome [4] de l'université du Texas à Arlington qui permet, en plus de la gestion de l'énergie, de contrôler des systèmes multimédia pour proposer plus de services aux usagers en fonction de leurs déplacements. Microsoft a aussi créé le projet EasyLiving [2] dont le but est de proposer des services aux usagers en fonction de leur position. Ce système choisira, par exemple, de projeter la session d'un utilisateur sur un écran qui lui est proche. Egalement, dans le domaine des IHM, depuis que l'on considère que l'utilisateur doit être placé au cœur du système informatique, les avancées technologiques ne se mesurent pas toujours qu'en termes de rapidité d'exécution mais par bien d'autres critères, notamment ergonomiques et sociologiques [10].

Ces premiers travaux autour de l'intelligence ambiante proactive intègrent des terminaux intelligents ayant la capacité de communiquer l'information en fonction du contexte d'usage. Ces terminaux se sont largement démocratisés (PDA, smartphone, lecteur multimédia, etc), ce qui permet de dire que la vision de Weiser sur l'informatique ubiquitaire s'est donc en partie réalisée. En revanche, l'intelligence ambiante proactive n'a pas suivi un développement aussi important. Les applications ont du mal à sortir des laboratoires pour se retrouver dans notre vie courante [9].

3. ASSISTANCE MUTUELLE

« Mieux nous assistons notre environnement, mieux il nous assiste » [12] : cette phrase illustre l'intérêt d'une assistance

mutuelle homme-machine ; l'utilisateur assiste son environnement virtuel, l'aide à apprendre certaines connaissances, afin d'être mieux assisté ultérieurement, en fonction de son contexte d'usage. Nous nous basons pour cela sur un système intelligent, capable de gérer un ensemble de besoins selon deux modes différents, le mode réactif et le mode proactif. Nous mettons l'accent dans nos travaux sur le mode d'assistance proactive. L'objectif de l'intelligence ambiante proactive est de rendre « intelligent » l'environnement de l'utilisateur, sans que ce dernier fasse le moindre effort. L'ensemble des entités intelligentes composant un environnement ambiant devra être capable de dialoguer, d'une manière transparente avec l'utilisateur, et de négocier afin de procurer l'information la plus correcte. Ces entités perçoivent et contrôlent l'utilisateur ainsi que son environnement dont le but est de proposer des services en adéquation avec ses préférences et son contexte d'usage [13]. Nous avons choisi depuis le début de nos travaux de décomposer l'environnement de l'utilisateur en deux mondes ; un monde réel (les humains) et un monde "virtuel" (tout objet adressable dans « l'Internet des Objets »), qui interagissent dans le but d'améliorer leurs niveaux de satisfaction respectifs [12]. Notre monde réel, composé uniquement des humains, aide le monde virtuel à apprendre des connaissances (informations à propos des utilisateurs, de l'environnement, etc.) qui serviront à proposer des services en adéquation avec le profil utilisateur. L'ensemble des connaissances collectées peut subir des mises à jour, et induire des changements relatifs au service qui les intègre. Par ailleurs, un même service pourra évoluer, en fonction du contexte d'usage.

Dans nos travaux, le terme « adaptation » couvre deux notions : la notion relative au comportement de service (la capacité d'un service de changer de comportement en fonction des informations contextuelles) et celle relative à l'interaction homme-machine : le système devra avoir plusieurs modalités de communication (en entrée et en sortie) afin de choisir, en fonction du contexte d'usage, la modalité la plus adéquate.

L'inférence des besoins utilisateurs ou encore l'assistance proactive dans le cadre d'une IAm est une problématique très récente que j'ai choisi d'explorer à travers les questions suivantes, « l'assistance proactive » : pourquoi, quand et comment l'utiliser ?

3.1 Le "Pourquoi"

De nos jours, l'utilisateur est devenu très attentif aux services proposés par les nouvelles technologies. Il souhaite avoir des assistants capables de prendre des décisions à sa place et d'anticiper ses besoins sans aucune intervention explicite de sa part. Dans ce contexte, le monde numérique a déjà commencé à créer ses propres entités (robots, avatar virtuels), ayant la capacité de proposer des nombreux services.

L'assistance est devenue un vrai besoin pour toutes les catégories de personnes, et pas seulement pour une catégorie particulière (cf. personnes handicapées), pour les raisons suivantes :

- Un monde numérique très évolué et très intégré.
- La valeur du temps ; nous perdons quotidiennement un temps énorme pour un ensemble des tâches répétitives. Nous souhaitons avoir la possibilité de le déléguer au monde virtuel.
- Les charges de vie : nous avons plusieurs responsabilités (gérer la maison, éduquer les enfants, gérer le travail, etc.) qui sont associées à des différents niveaux de priorité et qui peuvent induire un risque d'oubli.

Nous proposons pour cela d'étudier la notion d'assistance proactive où les besoins de l'utilisateur seront anticipés et communiqués en fonction du contexte d'usage.

3.2 Le "Quand"

Comme le souligne Patty Maes [7], l'un des problèmes à résoudre pour créer un assistant informatique proactif consiste à savoir comment l'assistant se procure la connaissance nécessaire pour pouvoir déterminer le moment de déclenchement d'un service. Nous nous basons pour déterminer ce moment opportun sur des informations de différents types : des informations temporelles, des informations spatiales et des informations du profil. L'ensemble de ces informations est calculé par des capteurs (physiques, virtuels et logiques), qui ont pour rôle de communiquer des informations relatives à l'environnement. Ces informations seront par la suite analysées pour déterminer si elles correspondent à un moment opportun de déclenchement d'un service. La phase de détermination des déclencheurs présente des nombreux problèmes liés principalement à la quantité d'informations qu'il faudra procurer pour pouvoir déterminer le moment opportun de déclenchement de service. Pour notre environnement composé de mode réel et virtuel, les déclencheurs des besoins peuvent être issus de différents types de capteurs. Pour les besoins systèmes nous avons choisi de nous baser uniquement sur des déclencheurs virtuels qui sont choisis par le concepteur au moment du développement. Tandis que pour les besoins des utilisateurs, les déclencheurs peuvent être des capteurs physiques et/ou logiques et/ou virtuels. Dans nos travaux, le choix de déclencheur se fait initialement par le concepteur, mais l'architecture proposée devra être en mesure de gérer dynamiquement (mise à jour) le comportement de ce choix.

3.3 Le "Comment"

Aujourd'hui, l'interaction homme-machine présente des nouveaux modes d'interaction (texte, voix, geste, etc.) qui ont donné lieu à des réflexions autour d'interfaces multimodales dont le but est de rendre plus intuitives et « naturelles » les interfaces Homme/Machine. Dans nos travaux, nous cherchons à intégrer ces différentes modalités afin de fournir des services plus adaptatifs et plus flexibles. D'ailleurs, Schmidt [14] a proposé d'étendre la notion de proactivité à la notion d'interaction Homme Machine Implicite (iHCI) où le système recueille des entrées implicites (le comportement de l'utilisateur et l'état de son environnement) et propose des services en fonction de ces entrées. En fonction des résultats perçus, notre système devra choisir la modalité la plus adéquate. Jusqu'à présent, nous avons travaillé sur le mode textuel, avec une intégration dans la messagerie instantanée MSN. Nous sommes en train d'intégrer la synthèse/reconnaissance vocale et nous passerons par la suite à l'interaction gestuelle. Selon le contexte dans lequel se trouve l'utilisateur le système choisira la modalité la plus adéquate. Exemple : le système est censé informer l'utilisateur, tous les jours et dès qu'il rentre à la maison à 18 heures, du fait que ses enfants sont bien arrivés. Ce service est initialement configuré pour qu'il soit délivré vocalement, or si le système détecte que l'utilisateur est rentré mais qu'il n'est pas seul, par exemple (accompagné d'une autre personne, etc.), le système décidera de lui communiquer discrètement l'information par message sur son téléphone (SMS). Le choix de la modalité sera basé sur des informations du profilage (préférences utilisateurs, habitudes, humeurs, etc.), des informations temporelles (date, heure, saison, etc.) et des informations spatiales (au bureau, à la maison, à l'extérieur, etc.). Pour avoir plus de choix sur la modalité, nous

envisageons de combiner les trois principales modalités décrites ci-dessus comme la voix accompagnée du geste, par exemple. Le « Comment » ainsi que le « Quand » sont deux questions que nous avons posées afin d'identifier les démarches de résolution de notre problématique. Les réponses trouvées se basent sur le terme « contexte » qui sera détaillé dans le paragraphe ci-dessous.

4. NOTRE VISION DU CONTEXTE

Selon, Dey [5], qui a proposé de se centrer sur les interactions et qui considère que toutes les définitions précédentes ne sont pas opérationnelles : « *Context is any information that can be used to characterise the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and applications themselves* ». Dans nos travaux, le contexte est défini par l'ensemble des informations collectées à un moment donné et caractérisant une situation précise.

5. NOTRE APPROCHE

Notre approche est composée principalement de trois couches :

5.1 Première Phase : Couche de Capture de Contexte

La première couche est consacrée à la gestion (détermination) des capteurs (physiques virtuels et logiques). Les capteurs virtuels fournissent des informations contextuelles à partir d'applications ou services logiciels. Il est possible de déduire, *a priori*, mais sans garantie, l'emplacement théorique d'un utilisateur en consultant son agenda électronique sans avoir recours à des capteurs physiques. Par exemple, Pierre devrait être en rendez-vous ce lundi, de 11 heures à 15 heures, à Lille. Les capteurs virtuels sont beaucoup moins coûteux que les capteurs physiques puisqu'ils sont basés sur des composants logiciels qui sont généralement moins chers que des appareils électroniques. Les capteurs logiques utilisent généralement plusieurs sources d'information contextuelles pour fournir une autre information de synthèse plus précise. Ils peuvent interroger des capteurs physiques et virtuels afin de fournir un contexte plus complet.

5.2 Deuxième Phase : Couche de Stockage

Le système interroge l'utilisateur pour acquérir des données qui serviront à mieux satisfaire l'utilisateur (ultérieurement). Pour l'acquisition de ces données, notre système initie une conversation sous la forme d'un ensemble des questions relatives à un domaine précis. Il devra également être en mesure de maintenir sa base de connaissances (mise à jour des données) en fonction des nouvelles informations (perçues ou acquises). Cette couche sert aussi à la transformation des données brutes fournies par la première couche dans d'autres formats afin de faciliter leur stockage.

5.3 Troisième Phase : Couche de Traitement

Cette couche offre des moyens d'interprétation/analyse des données contextuelles (données stockées et perçues) fournies par les capteurs du contexte et la base de connaissances du système. C'est à ce niveau que se situe l'interaction réelle entre l'homme et la machine, via différentes modalités.

6. SCÉNARIO

Nous illustrons le mécanisme d'adaptation au contexte par un scénario qui permet d'informer l'utilisateur en mode proactif de la diffusion de son émission préférée à la télévision. Partant de la première couche de notre approche, notre système procède comme suit : pour déterminer les déclencheurs de ce service, le système

consulte l'heure actuelle (capteur virtuel) et un site web de diffusion des chaînes de télévision (capteur virtuel) pour composer un capteur plus complet. Il teste si le résultat du capteur composé correspond à un moment opportun de déclenchement de ce service. La détermination des déclencheurs se base sur des informations qui ont été stockées par la deuxième couche. Dans cet exemple, les informations stockées sont relatives au titre de l'émission préférée de l'utilisateur. La troisième couche analyse et interprète l'ensemble de ces informations pour déterminer le comportement le plus approprié. Le scénario se compose d'un ensemble des patterns (paroles de l'utilisateur) et des templates (paroles de l'agent). Le système initie une conversation avec l'utilisateur en l'informant du temps restant avant l'heure de diffusion de son émission préférée, et lui propose d'allumer la télévision à sa place. En fonction de la réponse saisie par l'utilisateur le système choisit le template approprié. Par exemple, si l'utilisateur répond « oui », le système le notifie que « Ok, dans cinq minutes la télé sera allumée », et si l'utilisateur répond « non », l'agent essaye de découvrir la raison de ce refus. Selon la réponse saisie par l'utilisateur, divers traitements peuvent être invoqués. Exemple : si l'utilisateur répond par « Je ne suis plus intéressé », le système doit être en mesure de mettre à jour cette information.

7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons abordé notre problématique de recherche ainsi que la manière dont nous avons procédé pour proposer une solution basée sur une approche d'assistance proactive. Nous avons également détaillé la notion d'adaptation utilisée dans nos travaux. Nous travaillons actuellement sur l'intégration des différentes modalités citées précédemment et nous envisageons d'étendre notre notion d'adaptation vers la multicanalité dont le but est d'avoir plus de choix : l'interaction multimodale associée à la multicanalité [10] permettra à notre système de mieux s'adapter au contexte d'usage. Nos travaux à moyen terme seront focalisés sur la multimodalité dans un premier temps puis sur la multicanalité dans un second temps. Enfin nous envisageons d'évaluer notre approche auprès d'utilisateurs pour pouvoir déterminer leur niveau de satisfaction ainsi que la fiabilité de notre approche.

8. REFERENCES

- [1] Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Feinstein, A., Hmelo, C., Kooper, R., Long, S., Sawhney, N. & Tani, M. (1996). Teaching and learning as multimedia authoring : the classroom 2000 project, Proceedings of the fourth ACM international conference on Multimedia, ACM, Boston, Massachusetts, United States, pp. 187-198.
URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doi=244130.244191>
- [2] Brumitt, B., Meyers, B., Krumm, J., Kern, A. & Shafer, S. (2000). EasyLiving : technologies for intelligent environments, Handheld and Ubiquitous Computing, pp. 97-119.
URL: http://dx.doi.org/10.1007/3-540-39959-3_2
- [3] Coen, M. H. (1998). Design principles for intelligent environments, Proceedings of the fifteenth national/tenth conference on Artificial intelligence/Innovative applications of artificial intelligence, American Association for Artificial Intelligence, Madison, Wisconsin, United States, pp. 547-554.
URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=295733>
- [4] Cook, D., Youngblood, M., Heierman, E., Gopalratnam, K., Rao, S., Litvin, A. & Khawaja, F. (2003). MavHome : an agent-based smart home, Pervasive Computing and Communications, 2003. (PerCom 2003). Proceedings of the First IEEE International Conference on, pp. 521-524.
URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s007790170019>
- [5] Dey, A. K. (2001). Understanding and using context, Personal and Ubiquitous Computing 5(1) : 4-7.
- [6] Gallissot, M., Caelen J., Bonnefond N., Meillon, B., Pons S. (2011). Using the Multicom Domus Dataset.
http://rr.liglab.fr/research_report/RR-LIG-020_orig.pdf
- [7] Maes, P. (1994). Agents that reduce work and information overload, Commun. ACM 37(7) : 30-40.
URL: [http://portal.acm.org/citation.cfm?id=176792*](http://portal.acm.org/citation.cfm?id=176792)
- [8] Mozer, M. C. (1998). The neural network house : An environment that adapts to its inhabitants, Proceedings of the American Association for Artificial Intelligence Spring Symposium on Intelligent Environments, AAAI Press, Menlo Park, CA, pp. 110-114.
- [9] Reignier, P., Rapport scientifique présenté pour l'obtention d'une Habilitation à Diriger des Recherches, intelligence Ambiante Pro-Active de la Spécification à l'Implémentation, 2010.
- [10] Rouillard, J., Habilitation à diriger des recherches, Adpatation en contexte : contribution aux interfaces multimodales et multicanal, Lille, 2008.
- [11] Salovaara, A. & Oulasvirta, A. (2004). Six modes of proactive resource management : a user-centric typology for proactive behaviors, Proceedings of the third Nordic conference on Human computer interaction, ACM, Tampere, Finland, pp. 57-60.
URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1028022>
- [12] Sassi, H., Comment l'intelligence ambiante peut-elle nous assister ? , INFORSID, Lille, 2011.
- [13] Sassi, H., Rouillard, J., Tarby, J-C., Renard, G., Un système multi-agents permettant une assistance homme-machine mutuelle dans un environnement ambiant, WACA, Lille, 2010
- [14] Schmidt, A. (2005). Interactive Context-Aware systems interacting with ambient intelligence, in G. Riva, F. Vatalaro, F. Davide & M. Alcaniz (eds), Ambient Intelligence, IOS Press, chapter 9, p. 159-178.
- [15] Shi, Y., Xie, W., Xu, G., Shi, R., Chen, E., Mao, Y. & Liu, F. (2003). The smart classroom : merging technologies for seamless tele-education, Pervasive Computing, IEEE 2(2) : 47-55.
- [16] Want, R., Hopper, A., Falcão, V. & Gibbons, J. (1992). The active badge location system, ACM Trans. Inf. Syst. 10(1) : 91-102.
URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=128756.128759>
- [17] Ward, A., Jones, A. & Hopper, A. (1997). A new location technique for the active office, Personal Communications, IEEE 4(5) : 42-47.
- [18] Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century, Scientific American.
URL: <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html>
- [19] Xie, W., Shi, Y., Xu, G. & Xie, D. (2001). Smart classroom - an intelligent environment for tele-education, Advances in Multimedia Information Processing | PCM 2001, pp. 662-668.
URL: http://dx.doi.org/10.1007/3-540-45453-5_85

Interagir avec des représentations formelles

Alain Giboin
INRIA, Edelweiss Team-project
2004 route des Lucioles
Sophia Antipolis, France
(+33) 4 92 38 78 14
Alain.Giboin@inria.fr

Yannick Prié
LIRIS UMR 5205, Université Claude Bernard Lyon 1
43, bd du 11 novembre 1918
69622 Villeurbanne cedex, France
(+33) 4 72 43 16 36
yannick.prie@liris.cnrs.fr

RESUMÉ

Les spécialistes des interactions Humain-Machine (IHM) et les spécialistes de l'Ingénierie des connaissances (IC) souhaitant concevoir des « machines » adaptées à leurs utilisateurs se posent régulièrement la question : « Comment concilier représentations formelles (interprétables par la Machine) et représentations non formelles (compréhensibles par l'Humain) de manière à rendre possible une interaction HM efficace et harmonieuse ? » L'atelier « *Concilier représentations formelles et non formelles* » a pour objectif de permettre aux spécialistes des IHM et de l'Ingénierie des Connaissances (IC) de discuter de manière interdisciplinaire de cette question. L'atelier est également ouvert aux spécialistes d'autres disciplines (CSCW, CSCL, EIAH, etc.) qui se posent aussi la question de la conciliation formel-non formel.

Mots clés

Représentations formelles, Représentations non formelles, Formalisation, Interaction Humain-Machine, Ingénierie des Connaissances.

ABSTRACT

HCI and Knowledge Engineering specialists wanting to design user-adapted "machines" regularly ask the question: "How to reconcile formal representations (interpretable by machines) with informal representations (understandable by humans) so that efficient and smooth Human-Machine interactions can take place?" The goal of the workshop "*Reconciling formal representations with informal representations*" is aimed to allow HCI and Knowledge Engineering specialists to discuss this question in an interdisciplinary way. The workshop is also opened to specialists from other disciplines (CSCW, CSCL, Computing Environments for Human Learning, etc.) who are concerned with the formal-informal reconciliation issue.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 User/Machine Systems H.5 INFORMATION INTERFACES AND PRESENTATION (I.7) I.2.4 Knowledge Representation Formalisms and Methods

Companion Proceedings of *IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine*, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

General Terms

Design, Human Factors, Standardization, Languages.

Keywords

Formal representations, Informal representations, Formalization, Human-Computer Interaction, Knowledge Engineering.

1. MOTIVATION

L'atelier « Interagir avec des représentations formelles » est motivé par une question importante que l'on rencontre en Ingénierie des Connaissances (IC), celle de la manipulation d'« ontologies » informatiques par différentes catégories d'acteurs humains peu ou pas familiers avec ce type de représentations formelles :

- experts du domaine (biologistes, juristes, etc.) ;
- ingénieurs de la connaissance (ou « ontologues ») débutants ;
- utilisateurs d'applications à base d'ontologies.

Ces différents acteurs sont amenés à *interagir* avec les ontologies à différents moments, principalement lors de la *construction* de ces ontologies (construction à partir de rien ou à partir de représentations informelles) et lors de leur *utilisation* (exploration). La question se pose alors de la « convivialité » (*user-friendliness*) de cette interaction.

Les ontologies sont en effet des « spécifications formelles, explicites, d'une conceptualisation partagée d'un domaine » [5] : les concepts et relations qui les constituent sont décrits dans un langage formel (OWL par exemple) interprétable par la machine. Cette formalisation présente l'avantage de permettre à la machine d'effectuer des raisonnements (inférences) sur les concepts et relations constitutives des ontologies. Cette formalisation présente cependant l'inconvénient de rendre les ontologies difficilement compréhensibles, voire incompréhensibles, par les experts du domaine et les utilisateurs. Ces derniers préfèrent le plus souvent explorer ou construire des représentations plus « conviviales » pour eux : représentations moins formelles (ensemble de tags ou « folksonomies ») ou « informelles » (textes en langue naturelle). Or ces représentations informelles sont elles-mêmes difficilement interprétables voire ininterprétables par la machine. D'où la nécessité pour les experts et les utilisateurs de passer à un moment ou à un autre par des représentations formelles et d'interagir donc avec ces représentations. D'où la question : comment rendre conviviale l'interaction avec des représentations formelles ?

De façon plus générale, la question de l'interaction avec des représentations formelles ne se limite pas aux ontologies, et diverses communautés (IHM, CSCW, Web de données, etc.) ont proposé différentes approches pour faciliter cette interaction,

comme la « formalisation incrémentale » [3][7], l'« équilibrage formel/informel » [4] ou la « semi-formalisation » [6].

2. OBJECTIFS ET PARTICIPANTS

L'objectif principal de l'atelier « Interagir avec des représentations formelles » est de rassembler des spécialistes des différentes communautés travaillant directement ou indirectement sur la thématique de l'interaction avec des représentations formelles (exploration / construction) afin de leur permettre d'échanger sur les questions relatives à l'interaction avec ce type de représentations, par exemple :

- Quels sont les problèmes que rencontrent les acteurs humains dans leur interaction avec les représentations formelles ?
- Comment ces problèmes sont abordés ? Quelles sont les approches existantes de la question de l'interaction avec des représentations formelles ?
- Quelles solutions ont été apportées à ces problèmes ?
- Pourquoi passer d'une représentation informelle à une représentation formelle et inversement (ex. : transformer une représentation formelle pour pouvoir interagir avec elle) ?
- Comment passer d'une représentation informelle à une représentation formelle et inversement ? Avec quels outils (traducteurs, convertisseurs, etc.) ? Par quelles procédures ?
- Comment amener un utilisateur non familier avec les représentations formelles à contribuer à élaborer ces dernières ? Quel est le coût d'apprentissage d'un langage formel ?
- Quels rapports ont les représentations internes des connaissances avec leurs représentations externes (ou représentations d'interface) ? Sous quelle(s) forme(s) présenter les représentations formelles à l'utilisateur ? Quelles interfaces proposer ?
- Peut-on définir une « ergonomie » spécifique pour les représentations formelles ?

L'atelier a également pour objectif de mettre en évidence les collaborations qui existent déjà entre spécialistes de différentes communautés et d'en encourager de nouvelles.

3. CONTRIBUTIONS ATTENDUES

Sont attendues dans l'atelier « Interagir avec des représentations formelles » des contributions de type « prise de position » sur des questions en rapport avec la thématique générale de l'interaction avec des représentations formelles, telles que celles rapportées plus haut (liste non exhaustive).

4. LIEN AVEC DES ATELIERS PASSÉS

L'atelier « Interagir avec des représentations formelles » fait écho à deux ateliers que nous avons organisés dans les années passées :

- l'atelier « Perception et utilisation d'ontologies formelles : la place de l'utilisateur » [1] ; cet atelier abordait en particulier la question des rapports entre ontologies informatiques formelles et « ontologies naïves » (autrement dit les conceptualisations d'un domaine par un utilisateur, qui n'ont pas d'existence propre, mais qui se manifestent dans le langage, l'inscription, etc.) ;
- l'atelier « IC 2.0 : dans quelle mesure les usages du Web 2.0 font évoluer les pratiques d'IC » [2] ; cet atelier abordait en

particulier la question des rapports entre ontologies et « folksonomies » (ensembles de tags ou « systèmes de classification collaborative décentralisée spontanée, basés sur une indexation effectuée par des non-spécialistes »).

5. COMITÉ DE PROGRAMME

Yamine AÏT-AMEUR, *LISI/ENSMA, Poitiers*
 Nathalie AUSSENAC-GILLES, *IRIT, Toulouse*
 Pierre-Antoine CHAMPIN, *LIRIS, Université Lyon 1*
 Michel CRAMPES, *LG12P, Ecole des Mines d'Alès*
 Anne-Marie DÉRY-PINNA, *I3S/UNS, Sophia Antipolis*
 Alain GIBOIN, *INRIA, Sophia Antipolis (co-organisateur)*
 Nicolas GRÉGORI, *LabPsyLor/Codisant, Université Nancy 2*
 Eric LECOLINET, *LTCL, Télécom ParisTech*
 Alexandre PASSANT, *DRI, Galway, Irlande*
 Emmanuel PIETRIGA, *INRIA, Saclay*
 Yannick PRIÉ, *LIRIS, Lyon (co-organisateur)*
 Pascal SALEMBIER, *UTT, Troyes*
 Emmanuel SANDER, *Lab. Paragraphe, Université Paris 8*
 Raphaël TRONCY, *EURECOM, Sophia Antipolis*

6. REFERENCES

- [1] Atelier « Perception et utilisation d'ontologies formelles : la place de l'utilisateur », La Semaine de la Connaissance, Nantes, 27 juin 2006, organisé par l'Association pour la Recherche Cognitive (ARCo) (<http://liris.cnrs.fr/arco-sdc/>).
- [2] Atelier « IC 2.0 - Vers une ingénierie sociale des connaissances », IC'2008 - conférence Ingénierie des Connaissances, Nancy, 17 juin 2008, (<http://apassant.net/home/2008/05/ic/>).
- [3] Blythe, J., & Gil, Y. 2004. Incremental Formalization of Document Annotations through Ontology-based Paraphrasing. In *Proc. of WWW'04 Thirteenth International World Wide Web Conference* (May 17 - 22, 2004), 2004, New York, NY, USA.
- [4] Buckingham Shum, S. 1997. Balancing Formality with Informality: User-Centred Requirements for Knowledge Management Technologies. In *Proceedings of AAAI'97 Spring Symposium on Artificial Intelligence in Knowledge Management* (Mar. 24-26 1997), Stanford University, Palo Alto, CA., USA.
- [5] Gruber, T.R. 1993. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition* 5 (2): 199-220.
- [6] Pietriga, E., & Lee, R. 2009. Langages et outils pour la visualisation et la manipulation de données du web sémantique. *Technique et Science Informatiques* 28(2): 173-197.
- [7] Shipman III, F.M., & McCall, R. 1994. Supporting Knowledge-Base Evolution with Incremental Formalization. In *Proceedings of CHI '94* (April 24-28, 1994), Boston, Mass., USA, pp. 285-291.

From informal to formal knowledge representation using QAF triad

Eugeniu Costetchi and Eric Ras

Public Research Center Henri Tudor

29, avenue John F. Kennedy, L-1855 Luxembourg, +352 42 59 91 1

{Eugeniu.Costetchi and Eric.Ras}@tudor.lu

ABSTRACT

Knowledge acquisition is a tedious human intensive process. It has been, and still is a bottle neck in development of knowledge bases. Most of the solutions that have been proposed to this problem focus on static text processing and understanding. They avoid dealing with human interaction and “understanding” the meaning of human utterances on the fly because of the complexity. Many of the knowledge elicitation techniques are shaped or can be shaped as interviews – highly dynamic dialogue interactions. Having in mind the context of knowledge elicitation interview, we propose an approach to automatize such interaction process. We propose QAF triad as a knowledge acquisition instrument. It serves as interaction paradigm as well as a data structure to support human-machine written-dialogue interaction. It is also independent of the knowledge elicitation technique and formal language used.

Keywords

knowledge acquisition, human-machine interaction, QAF triad, dialogue system

1. INTRODUCTION

In this paper we propose a dialogue-based approach to elicit, conceptualize, and formalize the user knowledge. Knowledge acquisition from humans is considered to be more of an art than a science, most of the research is very pragmatic and there are not many attempts to formalize these techniques. An attempt has been made by Rugg when he proposes Method Fragments [1] as a controlled language to describe elicitation techniques. He showed that knowledge elicitation techniques can be recursively decomposed into fragments. However, Rugg gives no semantic description of such a framework. But what is the atomic construct that holds the semantics of an elicitation technique? We propose the concept of the Question-Answer-Fact triad (QAF triad) as the atomic “fragment” of an elicitation technique and we describe its semantics.

To motivate the QAF as an atomic fact, let us assume that that we can take it even to a lower level, i.e., to consider as atomic “fragments” the question and answer as separate and distinct entities, then it is a grand challenge to connect the two. Making

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

such a connection requires deep language processing and understanding. Instead, if we do not dissociate the question and the answer then the burden of deep language analysis and understanding is relieved from the dialogue system. If the question and answer are treated holistically then, as a consequence, a third component emerges. It is the factual expression obtained from the imperative rephrasing of the question and its answer, i.e., the imperative form of the knowledge that has been obtained from the answer to the given question. This fact can be formulated in human understandable or machine processable forms. Because of its dual nature, this emerged fact serves as a translation pivot from informal to formal knowledge. Following the previous argumentation, we propose the QAF triad as the atomic “fragment” to be used in elicitation technique description.

In addition, one of the fundamental knowledge elicitation processes is the act of asking a question. It has to be such that new knowledge emerges in the respondent’s answer. Groenendijk [2] said that the semantics of interrogatives still remains an undeveloped part of natural language semantics. He developed a pragmatic view on questions whether his counterpart, Ginzburg, treats questions from a semantic perspective [3]. In the context of current work, *interrogative semantics* is very suitable because it considers the “aboutness” of a question and how a question can be “resolved” by a potential answer [4]. We formally define the QAF triad in terms of Ginzburgean *interrogative semantics* in Section 4. But before that, we shortly introduce the situation theory in Section 2 because interrogative semantics introduced in Section 3 is built solely on situation theory.

In Section 5 we provide a pragmatic description on how knowledge acquisition process can take place with previous requirements fulfilled. The underlying computational model is described in Section 6. In Section 7 we conclude and propose future work.

2. SITUATION THEORY

The underlying idea of the *situation theory* (see Barwise and Cooper [5] [6]) is that the information can be divided into distinct units called *state-of-affairs* (SOAs), also referred as *infons*. These units have the purpose of describing diverse *situations* (“*parts of the world that serve as context*” [3]). It is assumed that SOA’s are partially ordered by information subsumption operator¹. A situation is described by various relations that hold among different objects. The objects (in the world) are considered as invariants that have properties and stand in relations.

¹ Information subsumption operator ‘ \rightarrow ’ is defined in Heyting’s Algebra named after Arend Heyting (9 May 1898 – 9 July 1980)

Def. (infon [7]): An infon is a structure $\langle R, a_1, a_2 \dots a_n; i \rangle$ that represents the information that the relationship R holds (if $i=1$) or does not hold (if $i=0$) between the objects $a_1, a_2 \dots a_n$.

Ginzburg extends the previous definition by saying that basic infons σ are constructed in pairs corresponding to whether the objects assigned to argument roles stand in relationship R or do not:

$$\begin{aligned}\sigma &= \langle R, a_1, a_2 \dots a_n; + \rangle \\ \bar{\sigma} &= \langle R, a_1, a_2 \dots a_n; - \rangle\end{aligned}$$

Def. (proposition [8]): A proposition is a pair of a situation s and an infon σ denoted as $(s!\sigma)$

Def. (fact [8]): A proposition $(s!\sigma)$ is TRUE if situation s factually supports the infon σ denoted as $s \models \sigma$. In such case the infon σ is called a fact.

Def. (abstraction operator \succ [6]): Is a binary operator whose first argument is any indexed family of parameters F and whose second argument is any parametric object o , denoted as $\succ F o$.

Note that in this work we will apply abstraction operator only to infons, hence the object o , in our case, can be interpreted as an infon σ .

Def. (n-ary infon abstract μ [6]): an abstraction of an infon σ is the result of abstraction operator on infon σ denoted as:

$$\mu = \succ x_1, x_2 \dots x_n \sigma(x_1, x_2 \dots x_n)$$

Where $x_1, x_2 \dots x_n$ are the parameters of infon σ , i.e., the objects $a_1, a_2 \dots a_n$, between which its relationship holds.

Def. (instantiation [8]): Is the inverse of abstraction. If there are objects in the world such that they match the parameters of an infon abstract, applying those objects as parameters of the infon abstract is called instantiation. It is denoted as:

$INST(\mu) = \{\sigma | \exists a_1 \sim x_1, a_2 \sim x_2, a_3 \sim x_3 \dots a_n \sim x_n | \sigma = \mu(a_1, a_2 \dots a_n)\}$, where $a_i \sim x_i$ means that object a is compatible and can take place of parameter x .

Next, we introduce the formal interrogative semantics as it is developed by Ginzburg [8] [9] [3].

3. INTERROGATIVE SEMANTICS

The situation theory can be extended to include the notion of question. To do so, Ginzburg proposes a metaphor of *agent engaged in inquiry action*. Taking the assumption that the agent has a set of snapshots of the world², some complete, some incomplete or fuzzy that tend to characterize a situation s_0 . *Posing a question* means associating the incomplete snapshot i_0 with situation s_0 . *Answering the question* means to find another snapshot that completes the missing parts of i_0 and *predicating* that it depicts situation s_0 . The question defined by associating i_0 with s_0 ($s_0 ? i_0$) is (*resolved or*) *decided* if a snapshot a can be found that fills the missing parts of i_0 such that they describe the situation s_0 in the most appropriate way for the agent. “*The notion of aboutness that naturally emerges from this metaphor is one based on informational subsumption, whereas resolvedness is closely related to factuality*” [3]. This view binds the questions and the proposition to the factual state-of-affairs.

Def. (question [8]): Question is a structure that is constructed as a pair of a situation s and a n -ary infon abstract μ denoted $q=(s?\mu)$, where s serves as a pivot to provide connection to the world.

Ginzburg emphasizes that relations definable semantically by a question should include: *aboutness, the exhaustive answer* (see

the definition of Hamblin answer), and *facts that decide* (or potentially resolves) *the question*.

Def. (Hamblin answer [9]): proposition $p=(s!\tau)$ is an answer to question $q=(s?\mu)$ if p is an instantiation of q or negation of such instantiation.

- In case of polar question the exhaustive set of Hamblin answers is:
 $\{r | HamblinAns(r, \succ p)\} = \{p, \neg p\}$
- In case of unary wh-question the exhaustive set of Hamblin answers is:

$$\begin{aligned}\{r | HamblinAns(r, \succ A p(A))\} = \\ \{p(a_1), \neg p(a_1), \dots, p(a_n), \neg p(a_n)\} \text{ where } A = \{a_1, a_2, a_3 \dots a_n\}\end{aligned}$$

Def. (aboutness [8]): p is about q iff p entails a finite disjunction of Hamblin answers.

Aboutness is a relation that, intuitively, captures the range of information associated with a question q independently of factuality or level of detail. We say that an infon τ is about an abstract μ iff τ represents an instantiation of μ or negation of such instantiation.

Def. (decidedness [8]): a question $q=(s?\mu)$ is decided by infon τ iff:

- s factually supports infon τ , i.e., $s \models \tau$, and either of the two above
- τ is an instance of μ , and s factually supports τ , i.e., $\tau \in INST(\mu)$ and $s \models \tau$
- or there exist a infon σ that is an instance of μ and s factually supports σ such that τ is a negation of σ , i.e., $\exists \sigma | \sigma \in INST(\mu), \tau = \bar{\sigma}$ and $s \models \tau$

But why do we need all these definitions? The definitions that have been introduced in section 2 and 3 are the foundation for formal definition of the QAF.

4. FORMAL DEFINITION OF QAF

The triad question, answer, and fact are defined in accordance with Ginzburgian theory of question described in Section 3

Def. (triad-question): a unary question $q = (s ? \succ x \mu(x))$ where the unknown information x is a parameter of the infon abstract μ .

Def. (triad-answer): a simple triad-answer is an object denotation α , such that the object α is compatible with parameter x and can be used for instantiation of a triad-question $q, x \sim \alpha$;

Note that by object denotation we mean any lexical term used to reference an entity from the universe of discourse.

Def. (triad-fact): is a Hamblin answer f to the triad-question q with a triad-answer, i.e., $f=(s!f)$, where $\varphi=INST(\mu(\alpha))$ and $s \models \varphi$

Def. (grounding question): a polar question $w = (s ? \succ \varphi)$ that assesses whether a situation s factually supports infon φ , i.e., ($s \models \varphi$).

For example the question “*Can you give me examples of a president?*” can receive an answer like “*Jacques Chirac*”, hence the factual proposition is “*Jacques Chirac is an example of president*”. The grounding (factuality assessment) question to be addressed to the respondent is “*Is it true that Jacques Chirac is a president?*”

5. INTERACTION MODEL

The interaction is explained in terms of operations that dialogue actors execute. But before that we first define the following two operations: acceptance of an answer and grounding of a fact.

² Wittgenstein picture theory in *Tractatus Logico-Philosophicus* 1922

Def. (acceptance): is when the dialogue participant believes that the proposition p exhaustively characterizes the semantics of the utterance u produced by another participant.

Def. (answer acceptance): is acceptance of a proposition a , that represents an answer to a previously stated question q .

Def. (naïve answer acceptance): is a weak answer acceptance where the proposition a is assumed to be an answer to question q .

Def. (grounding [8]): the epistemic operation through which the dialogue contributor and the rest of the dialogue partners reached the state of mutually believing that everybody understood what the contributor meant to an extent satisfactory for the current purpose of discussion.

Def. (reflexive grounding): is when the dialogue contributor is accepting a statement S_{n+1} as being a correct paraphrase of his previous statement S_n .

A weak implication of reflexive grounding definition is that the contributor might believe that the interlocutor who produced S_{n+1} understood the previous statement S_n .

In a human-to-human interaction, the human interviewer decides the correctness of the answer, by inference on the personal set of beliefs. If the answer “appears” satisfactory then it is grounded as common belief, otherwise the interviewer disambiguates the answer by digging deeper for the meaning of the answer or for another answer to the initial question. The machine-interviewer is truth neutral and consequently naively accepts the answers (this eliminates critical judgment, even common sense).

For the truth checking of the facts we propose to apply the grounding operation reflexively. The hypothetic fact formulated from assumed decidedness of the question by the answer is used as the subject of a polar question that inquires for the truth value of the fact. The respondent, hence, is faced with its own paraphrased answer on which he/she has to decide whether it is correct or not. The answer to the previous polar question serves as grounding criteria. If the respondent agrees on the fact then it is grounded as common belief, else it is rejected.

The pseudo-interaction scenario between a user U and a machine M is represented in the pseudo code below:

```
//elicitation protocol
M: ask q1
U: answer a1
M: execute:
  - naively accept a1
  - assume that a1 decides q1
  - instantiate proposition f1 as the effect of
receiving the answer a1 to the question q1
  - put f1 into pool of assumed facts
M: ask next questions ...

//verification and grounding protocol
M: ask q2(f1)
U: answer a2
M: execute:
  - if a2 true then ground(f1)
  - else disambiguate(q1,a1)
```

Note that `ground(f1)` means to put $f1$ into commonly believed facts and remove it from the pool of assumed facts; and `disambiguate(q1,a1)` means to insert into the dialogue plan a disambiguation protocol that depends of the aboutness of the question $q1$. This protocol searches to resolve possible known misunderstandings (polysemy, homograph, metonymy, metaphor) or errors that can occur when answering $q1$ type of question.

The following example illustrates a fragment of the dialogue between user and *dionysus-talker*³ dialogue system about “food”:

```
Talker: What kinds of vegetables do you know?
User: cucumber, tomato, tomatoes, potatoes, turnip
Talker: Can you think of something that vegetables is a kind of?
User: plant,
Talker: If vegetables has parts or components, what are those parts or
components?
User: skin, seed, pulp,
Talker: Can you think of something that vegetables is a part of?
User: plant
Talker: What kinds of meat do you know?
User: beef, pork, chicken, lamb,
Talker: Can you think of something that meat is a kind of?
User: nutrients,
Talker: If meat has parts or components, what are those parts or components?
User: (blank)
Talker: Can you think of something that meat is a part of?
User: animal, dish, cooking receipt
```

6. COMPUTATIONAL MODEL OF QAF

Asking the question and receiving the answer are elicitation operations. The fact resulting from merging the question and answer is the actual knowledge that can be formalized and encoded into a knowledge base. To do this transformation, we propose to have predefined interpretation for QAF facts. It is feasible because the aboutness predicate of the questions delimits a class of facts. It becomes feasible to map a natural language expression of the fact to it’s a formal counterpart in RDF(S), OWL, KIF, etc. The only problem that remains is the answer processing and understanding. But if we restrict the answer form from natural language to LOWYN grammar then it becomes possible to do the mappings.

LOWYN is an acronym that stands for “List Of Words or Yes/No”. This language allows two types of constructs: the (1) agreement constants and (2) the enumeration. We call agreement constants the words that express affirmation and negation in a given language (e.g., in English they are “Yes” and “No”). By enumeration we mean a comma separated list of words. This grammar enforces the answers to be concise and precise information-supplying statements.

Note that the description of LOWYN grammar is compatible and extends the formal definition of triad-answer given in Section 4. The pragmatic extension consists in acceptance of multiple objects α_i that can be substituted to parameter x , i.e. $x \sim \alpha_i$. Instead of one object denotation α we accept as answer a set of object denotations $A = \{\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n\}$, i.e., the list of words in LOWYN sense.

If QAF triads are stripped from their subjects/objects then we obtain scalable and reusable QAF templates shaped by the aboutness predicate of the question.

Def. (QAF-triad-template):

$TT = \langle \text{“}Q_NL\ \text{template”}, \text{predicate}(?x), aType, FT \rangle$

where TT is a 5-tuple consisting of (1) question natural language template, (2) question aboutness predicate, (3) the answer type according to the nature of the question (y/n answer type for polar questions or l.o.w. answer type for wh-question), (4) the fact template.

Def (QAF-triad-fact-template):

³ <http://code.google.com/p/dionysus-talker/> is a plan-based dialogue manager written in python

$FT = \langle "F_NL\ template", "F_FL\ template" \rangle$

where FT is a binary tuple consisting of (1) the fact natural language template and (2) the fact formal language template.

The set of all the placeholders in the QAF template, beside answer placeholders - a_i , are called *template parameters*.

By natural and formal language templates we mean a string that contains one or more named placeholders which are meant to be substituted with context-dependent lexical terms⁴.

QAF triad template example:

$TT1 = \langle "Can\ you\ give\ me\ examples\ of\ a\ \{qph\}?",$
 $instanceOf(qph), low,$
 $\langle \{a_i\}\ is\ an\ example\ of\ \{qph\}.,$
 $:\{a_i\}\ rdf:type : \{qph\}." \rangle \rangle$

where the template parameters are $\{qph\}$ and answer parameter is a_i . For the fact formal expression we chose RDF/S language in Turtle notation⁵. Note that the aboutness predicate $instanceOf(qph)$ is not the same as the predicate in the fact formal expression because the instantiation in RDF language is denoted by the predicate $rdf:type$.

The elicitation technique is described as a dialogue plan. The dialogue plan consists of triad templates and flow-control operators [1]. In a dialogue interaction, QAF triads are meant to be instantiated and executed contextually. It means that the QAF triad is created as the instantiation of a QAF template with context dependent information. The execution of the previously planned dialogue actions creates a particular dialogue context.

The QAF triad instantiation is evolutionary with its execution because instantiation of the fact depends on the answer that is obtained from the user. So it happens in two steps, first the question is instantiated from the template and is executed as a dialogue act, then, after receiving the answer, the fact can be instantiated.

Def. (QAF-triad):

$T = \langle "QNL\ text", predicate(?x), \{a_1, \dots, a_n\},$
 $\{ \langle "FNL\ text_1", "FFL\ text_1" \rangle, \dots,$
 $\langle "FNL\ text_n", "FFL\ text_n" \rangle \} \rangle$

where T is a tuple resulting from the process of question template instantiation, answer injection, and fact instantiation. The tuple consists of (1) question natural language expression, (2) aboutness predicate, (3) answer set, (4) a set of fact instances.

Instantiation of the QAF triad is evolutionary to the execution of dialogue plan. The dialogue plan prescribes when triads are instantiated and how they are parameterized. In turn, dialogue plan, functionally describes the elicitation techniques [4].

QAF triad example:

$T1 = \langle "Can\ you\ give\ me\ examples\ of\ a\ president?",$
 $instanceOf(president), \{Jacques\ Chirac, Bill\ Clinton\},$
 $\{ \langle "Jacques\ Chirac\ is\ an\ example\ of\ president.",$
 $:\ Jacques_Chirac\ rdf:type : president." \rangle$
 $\langle "Bill\ Clinton\ is\ an\ example\ of\ president.",$
 $:\ Bill_Clinton\ rdf:type : president ." \rangle \} \rangle$

⁴ PEP-292 (<http://www.python.org/dev/peps/pep-0292/>)

⁵ <http://www.w3.org/TeamSubmission/turtle/>

7. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

This paper proposes a tool for translating informal to formal knowledge in the context of a human-machine interview in a dialogue form. The informal knowledge is the natural language expression of a question, the answer and the following fact which is the imperative rephrase of the question and answer. The conceptualized knowledge is the formal expression of that imperative rephrase as a fact. The QAF triad acts as a translation mechanism where “fact” is the translation pivot. It has been implemented in a plan-based dialogue system called *dionysus-talker*.

The simplicity of QAF Triads and the LOWYN syntax allows a rigorous semantic control of the interaction and at the same time to preserve the meaningfulness of the dialogue. However, the interaction is not formally covered yet. For the consistency reasons, it is advisable to describe interaction semantics in terms of situation theory. It allows procedural descriptions and is able to capture the semantics of actions.

QAF in its current form allows the incremental construction of knowledge. The major drawback is that the revision of the previously elicited knowledge is minimal or even impossible. We plan to extend the QAF triad concept such that the formal expression of the fact captures the operational impact on the existing knowledge base, i.e., either the current knowledge base is appended with new factual knowledge or the factual knowledge will be modified or deleted in the knowledge base. This is opening up space for frameworks and theories of belief revision⁶.

The LOWYN syntax is constraining the form of the answer. Compared to natural language it appears as totally inefficient. So there is a big space for improvement for the answer forms to allow richer answers. The answer syntax can, for example, be adapted to allow expressions in Rabbit language [10], which is much closer to natural language expressions.

8. BIBLIOGRAPHY

- [1] Gordon Rugg, Peter McGeorge, and Neil Maiden, "Method fragments," Expert Systems, vol. 17, pp. 248-257, 2000.
- [2] Jeroen Groenendijk and Martin Stokhof, "Questions," in Handbook of Logic and Language, J. van Benthem, Ed.: Elsevier/MIT Press, 1997, pp. 1055-1124.
- [3] Jonathan Ginzburg, "Resolving Questions," Linguistics and Philosophy, vol. 18, no. 5, pp. 459-527, 1993.
- [4] Eugeniu Costetchi, "Towards Automated Ontology Elicitation Dialogues," University of Luxembourg, Luxembourg, Master Thesis 2010.
- [5] Jon Barwise, The Situation in Logic.: Center for the Study of Language and Information, 1989.
- [6] Jon Barwise and Robin Cooper, "Simple Situation Theory and its Graphical Representation," , 1991, pp. 38-74.
- [7] T. Huibers and P. Bruza, "Situations: A general framework for studying Information Retrieval," , 1994, pp. 3-25.
- [8] Jonathan Ginzburg, "Dynamics and the Semantics of Dialogue," in Language, Logic and Computation (Volume 1 - CSLI Lecture Notes), J. Seligman, Ed. Stanford: CSLI, 1996, vol. 1.
- [9] Jonathan Ginzburg, "Questions and Internalizing Relevant," in Workshop in Philosophy and Linguistics, University of Michigan, 2009.
- [10] Martina Johnson and Catherine Dolbear Glen Hart, "Rabbit: Developing a Control Natural Language for Authoring Ontologies," Lecture Notes in Computer Science, vol. 5021, pp. 348-360, 2008.

⁶ As proposed by Alchourrón, Gärdenfors, and Makinson.

Modèles interactifs de cartes pour l'aide à la prise de décision

Aymeric Le Dorze
LERIA - Université d'Angers
2 Boulevard Lavoisier
49045 Angers cedex 1
ledorze@info.univ-angers.fr

David Genest
LERIA - Université d'Angers
2 Boulevard Lavoisier
49045 Angers cedex 1
genest@info.univ-angers.fr

Laurent Garcia
LERIA - Université d'Angers
2 Boulevard Lavoisier
49045 Angers cedex 1
garcia@info.univ-angers.fr

Stéphane Loiseau
LERIA - Université d'Angers
2 Boulevard Lavoisier
49045 Angers cedex 1
loiseau@info.univ-angers.fr

RESUME

Après avoir comparé brièvement quelques modèles visuels de représentation de connaissances, nous décrivons le modèle que nous proposons, appelé carte cognitive ontologique. Ce modèle combine la simplicité du modèle des cartes cognitives avec des opérations qui facilitent son exploitation dans le cadre d'un processus interactif de prise de décision faisant intervenir des utilisateurs et un système informatique.

Mots clés

Modèle graphique, Carte cognitive, Graphe conceptuel, Carte mentale

1. INTRODUCTION

De nombreux travaux en Intelligence Artificielle cherchent à définir des modèles et techniques proposant des représentations précises de connaissances et des raisonnements qui ont pour but de se rapprocher au mieux du raisonnement d'un expert. De tels modèles imposent à l'utilisateur d'apprendre un langage afin de fournir au système les connaissances sur lesquelles celui-ci va raisonner. Ce langage, formel, est souvent difficile à appréhender par l'utilisateur qui doit faire un effort important. Cela peut nuire à l'intérêt du système car les utilisateurs peuvent être découragés devant la difficulté, ne voyant pas le bénéfice qu'ils pourraient tirer de cet effort. De plus, le résultat du raisonnement ne peut pas toujours être expliqué simplement à l'utilisateur car ce raisonnement peut, là encore, faire appel à des techniques complexes difficiles à expliquer.

Certains travaux se fixent comme objectif de favoriser les interactions entre le système et l'utilisateur en fournissant des représentations plus faciles à comprendre, sans sacrifier l'aspect formel et les raisonnements. Par exemple les graphes conceptuels [12] permettent de représenter des connaissances sous forme de graphes et de raisonner sur ces connaissances à l'aide d'opérations sur ces graphes. Le bénéfice pour l'utilisateur est double : il peut plus facilement fournir les connaissances et le système peut lui présenter le résultat du raisonnement sous une forme graphique compréhensible. D'autres modèles ont aussi fait le choix d'une représentation graphique, facilitant ainsi la compréhension des utilisateurs. On peut citer les réseaux bayésiens [10], les cartes mentales [2] ou les cartes cognitives [13]. Là où certains modèles restent formels et disposent d'une sémantique clairement définie, comme les graphes conceptuels ou les réseaux bayésiens, d'autres modèles sont plus informels. Les cartes mentales et les cartes cognitives, par exemple, représentent graphiquement des liens entre des concepts mais lors de la construction de telles cartes, l'utilisateur est plus libre que dans les modèles précédemment cités et la construction en est facilitée. Ceci est à la fois un avantage et un inconvénient car ces modèles ne disposent pas d'une sémantique claire et ne fournissent pas de raisonnements très poussés.

Nous pensons toutefois que l'étude de tels modèles est intéressante, car ils correspondent à certains usages et plus précisément ils nous semblent adaptés dans les cas où on cherche à construire un système ayant pour but d'aider l'utilisateur à prendre une décision. Dans un tel système, l'objectif n'est pas de fournir à l'utilisateur un raisonnement complexe et indiscutable, mais plutôt des mécanismes qui lui permettent d'explorer des connaissances ou de visualiser des liens entre des connaissances qui ne seraient pas immédiatement visibles. Le raisonnement aboutissant à la décision est alors mené par l'utilisateur qui est aidé par le système. Une telle approche nous semble aussi pertinente dans le cas où une décision doit être prise suite à l'analyse des points de vue de différentes personnes, lors d'une réunion de travail par exemple. Afin que la discussion entre les participants soit fructueuse, le système doit alors être capable de recueillir



Figure 1: Support : ensemble de types de concepts (à gauche) et ensemble de types de relations (à droite).

les connaissances de chacun des participants et de proposer des éléments qui guident la discussion, en fournissant par exemple des synthèses des connaissances des différents participants.

Dans ces cas-là, la facilité de création et de compréhension du langage de représentation est primordiale, même si la simplification du langage se fait au prix d'une perte de certains raisonnements. Toutefois, nous pensons qu'il est possible de fournir sur ces modèles des opérations pertinentes, adaptées aux usages évoqués ci-dessus. Pour cela, nous avons choisi le modèle des cartes cognitives qui est très facile à comprendre par un non spécialiste car l'idée du modèle est simple : représenter des liens d'influence entre des concepts sous la forme d'un graphe orienté étiqueté. Ce modèle dispose d'une opération permettant de visualiser l'influence indirecte entre deux concepts d'une carte. Pour fournir des traitements plus intéressants, nous ajoutons aux cartes de ce modèle une ontologie qui permettra de définir plus précisément les concepts, générer de nouvelles cartes simplifiées adaptées à certains utilisateurs ou faire une synthèse de cartes créées par des utilisateurs différents.

La section 2 présente brièvement quelques modèles graphiques de représentation de connaissances. La section 3 présente notre proposition, le modèle des cartes cognitives ontologiques. La section 4 décrit les mécanismes qui peuvent être définis sur de telles cartes pour aider la décision dans une réunion avec plusieurs participants.

2. MODÈLES GRAPHIQUES

2.1 Graphes conceptuels

Le modèle des graphes conceptuels [12, 5] est un modèle de représentation de connaissances du type *réseaux sémantiques* [8]. Un graphe conceptuel est un graphe biparti étiqueté, les sommets des deux classes étant étiquetés respectivement par des *concepts* et des *relations* entre ces concepts.

Un graphe conceptuel est défini sur un *support* qui précise le vocabulaire de base permettant la représentation de connaissances, ce qui est parfois appelé l'ontologie du domaine. Le support est composé d'un ensemble partiellement ordonné de types de concepts, un ensemble partiellement ordonné de types de relations et un ensemble d'individus. Les ordres partiels des ensembles de types représentent une relation de spécialisation *sorte de*. La figure 1 présente un ensemble de types de concepts dans lequel, par exemple, une *Route Nationale* est une sorte de *Route* ainsi qu'un ensemble de types de relations.

Une fois le support défini, un graphe conceptuel peut être créé : les sommets relations sont étiquetés par un élément de l'ensemble des types de relations et les sommets concepts sont étiquetés par un élément de l'ensemble des types de

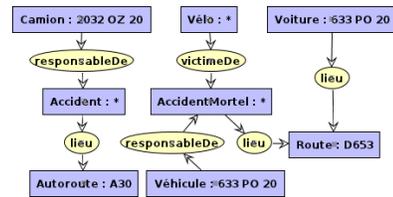


Figure 2: Un graphe conceptuel.

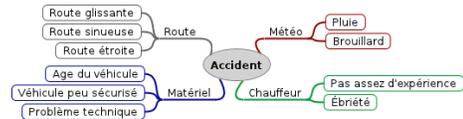


Figure 3: Une carte mentale.

concepts et, de façon optionnelle, par un individu de l'ensemble des marqueurs individuels.

Le graphe conceptuel de la figure 2 décrit deux accidents et détaille les responsabilités et les lieux de ces accidents. L'usage de marqueurs individuels permet de préciser quel individu particulier est concerné, par exemple l'A30, individu de type *Autoroute*. Certains sommets ne disposent pas de marqueur individuel pour signifier que l'individu en question n'a pas été nommé, il s'agit ici d'un accident.

L'opération de projection est l'opération de base du modèle et correspond à un morphisme de graphes. La recherche d'une projection d'un graphe G dans un graphe H peut être vue comme la recherche de l'inclusion de l'information représentée par G dans H . L'utilisation première de cette opération est l'interrogation d'une base de connaissances exprimée sous forme de graphe conceptuel à partir d'une requête exprimée sous forme de graphe conceptuel. Le modèle est doté d'une sémantique en logique du premier ordre Φ , adéquate et complète, associant à un support et à un graphe une formule logique : soient G et H deux graphes conceptuels définis sur un support S , alors il existe une projection de G dans H si et seulement si $\Phi(S), \Phi(H) \vdash \Phi(G)$.

L'intérêt de ce modèle est qu'il dispose d'opérations clairement définies et logiquement fondées, associées à une représentation facile à comprendre. Cependant, la construction de graphes conceptuels demande en premier lieu la définition d'une ontologie et une utilisation correcte de cette ontologie dans les graphes sous peine d'obtenir des résultats n'ayant aucun sens. En conséquence, la création de graphes par des non spécialistes peut être difficile.

2.2 Cartes mentales

Alors que les graphes conceptuels posent des contraintes fortes pour la représentation de connaissances, les cartes mentales visent un objectif de simplicité extrême et de liberté pour le créateur. Une carte mentale [2] représente des idées connectées à une idée centrale et organisées de façon radiale autour de celle-ci. La carte mentale de la figure 3 représente différentes causes d'accidents.

L'objectif ici n'est pas de fournir un modèle permettant le raisonnement, mais plutôt une aide à la compréhension individuelle ou collective d'un sujet donné, un outil de prise de note ou de brainstorming. Ces objectifs sont atteints grâce à l'extrême simplicité du modèle, elles sont utilisables par des non spécialistes, cependant cette simplicité fait que les

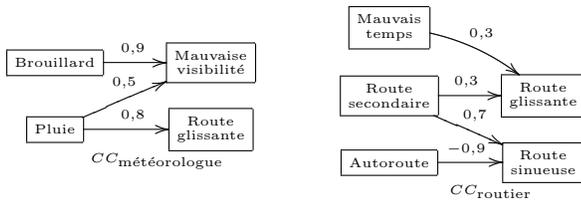


Figure 4: Deux cartes cognitives.

cartes sont construites par des humains, pour des humains : aucune opération de raisonnement ne peut être définie au sein du modèle.

Sur la plupart des critères de comparaison, tels que les contraintes de construction ou la présence d'opérations de raisonnement, on peut dire que les cartes mentales se situent à l'opposé des graphes conceptuels. Les cartes mentales sont donc bien adaptées comme support d'une réflexion d'un utilisateur ou d'un ensemble d'utilisateurs lors d'une réunion, là où les graphes conceptuels sont avant tout un modèle permettant le raisonnement. Dans la suite de l'article, nous étudions le modèle des cartes cognitives, qui tente de concilier une grande simplicité de création et de compréhension, associée à la présence d'une opération qui aide l'utilisateur à exploiter la carte.

2.3 Cartes cognitives

Une carte cognitive [13, 1] représente par un graphe les influences entre des concepts. Ce modèle a été utilisé dans plusieurs domaines tels que la biologie [13], la sociologie [11], l'écologie [3] ou la politique [9]. L'utilisation principale de ce modèle consiste en une aide à la prise de décision pour un utilisateur ou un groupe d'utilisateurs.

Formellement, une carte cognitive est un graphe orienté étiqueté dans lequel les nœuds du graphe sont étiquetés par des concepts, et les arcs représentent les influences. Ces arcs sont étiquetés par une valeur décrivant l'influence parmi un ensemble de valeurs préalablement fixé. Certains travaux proposent d'étiqueter les influences par $\{+, -\}$ [1], ou encore par un ensemble de symboles tels que $\{\text{nul, faible, moyen, fort}\}$ [6], ou enfin par un intervalle de valeurs tel que $[-1; 1]$ [7].

La figure 4 présente deux cartes cognitives définies sur l'intervalle de valeurs $[-1; 1]$. Ces cartes représentent des informations sur les conditions de circulation, par exemple, la *Pluie* entraîne souvent (ce qui est représenté par une influence forte de 0,8) une *Route glissante*. Une *Autoroute* est très rarement une *Route sinueuse* (influence de -0,9).

L'opération principale du modèle permet de calculer l'influence indirecte entre deux concepts de la carte en combinant les valeurs des influences qui forment les chemins entre ces deux concepts. Cette opération permet donc de visualiser certains liens entre concepts qui n'apparaissent pas immédiatement sur la carte, facilitant ainsi l'exploitation des connaissances, sans pour autant fournir un réel raisonnement : c'est toujours l'utilisateur qui prend une décision, au cours d'une interaction avec le système. Nous proposons d'étendre ce modèle afin de fournir un service supplémentaire utile pour les usages envisagés ici.

3. CARTES COGNITIVES ONTOLOGIQUES

Si les cartes sont faciles à comprendre lorsqu'elles

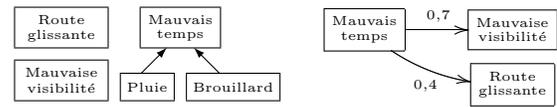


Figure 5: Une ontologie et une vue.

contiennent un petit nombre de concepts, ce n'est plus le cas lorsque le nombre de concepts devient élevé. Nous proposons un mécanisme qui construit à partir d'une carte cognitive des cartes plus simples, appelées vues, plus faciles à comprendre [4].

Pour cela nous associons à la carte cognitive une ontologie qui organise les concepts avec une relation de spécialisation.

DÉFINITION 1 (ONTOLOGIE). Une ontologie (C, \preceq) est un ensemble de concepts C partiellement ordonné par une relation \preceq . On note \prec la relation d'ordre partiel strict associée à \preceq .

La partie gauche de la figure 5 représente une ontologie exprimant les relations entre les concepts de la carte $CC_{\text{météorologue}}$.

DÉFINITION 2. Soit $C' \subseteq C$. On appelle l'ensemble des concepts maximum de C' : $\max(C') = \{c \in C' \mid \nexists c' \in C', c \prec c'\}$. On appelle l'ensemble des concepts minimum de C' : $\min(C') = \{c \in C' \mid \nexists c' \in C', c' \prec c\}$. Les concepts de $\min(C)$ sont appelés concepts élémentaires de C .

Une fois l'ontologie définie, la carte cognitive peut être construite en utilisant les concepts élémentaires de l'ontologie.

DÉFINITION 3 (CARTE COGNITIVE ONTOLOGIQUE). Une carte cognitive ontologique CO définie sur l'ontologie (C, \preceq) et un ensemble de valeurs I est une association de (C, \preceq) et d'une carte cognitive définie sur $\min(C)$ et I .

L'association formée de la carte $CC_{\text{météorologue}}$ (figure 4) et de l'ontologie de la figure 5 est une carte cognitive ontologique.

Une échelle est un sous-ensemble de concepts d'une ontologie, choisi par l'utilisateur pour obtenir une vue. Les concepts de l'échelle sont les concepts qui apparaîtront dans la vue. Mais une échelle n'est pas un ensemble quelconque, nous imposons deux propriétés sur une échelle. Tout d'abord, tous les concepts d'une échelle sont incomparables entre eux, cela évite de représenter deux fois le même concept dans l'échelle (et donc dans la vue) : une fois par lui-même et une fois par le concept qui le généralise. Deuxièmement, tous les concepts élémentaires de l'ontologie doivent être présents dans l'échelle, soit directement, soit par la présence d'un concept plus général. De cette façon, la vue est une simplification de la carte initiale, dans laquelle les connaissances initiales ont pu être simplifiées, par généralisation, en regroupant plusieurs concepts élémentaires par un concept plus général, sans qu'il y ait suppression complète de parties de la carte initiale.

L'ensemble $E = \{\text{Mauvais temps, Mauvaise visibilité, Route glissante}\}$ est une échelle de l'ontologie de la figure 5. Une fois l'échelle déterminée, nous proposons un mécanisme qui calcule les influences entre les concepts de l'échelle à partir des influences figurant dans la carte initiale. L'idée de ce

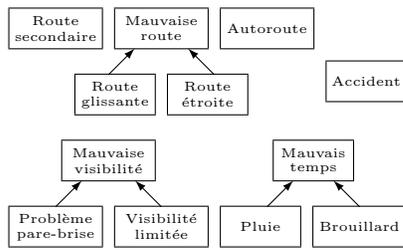


Figure 6: Une ontologie.

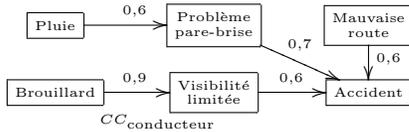


Figure 7: Carte cognitive du conducteur.

calcul est de combiner les influences entre les concepts élémentaires des concepts de l'échelle. Plus de détails sur ce mécanisme peuvent être trouvés dans [4]. La partie droite de la figure 5 est la vue obtenue pour l'échelle E sur la carte $CC_{\text{météorologue}}$.

Chaque utilisateur du système peut alors être représenté par une échelle qui lui est spécifique et qui représente le niveau de détail qui est adapté à ses compétences. Ainsi, un utilisateur peu expert disposera d'une échelle contenant un grand nombre de concepts élevés dans l'ontologie : la vue qui sera calculée pour lui sera alors de petite taille. Au contraire, un expert choisira dans son échelle des concepts très spécialisés de certaines parties de l'ontologie et le système lui fournira alors une carte cognitive très détaillée sur ces aspects.

4. FUSION DE CARTES COGNITIVES

Nous proposons une extension du modèle précédent qui est adaptée dans le contexte d'une décision devant être prise en tenant compte des connaissances exprimées par différentes personnes, chacune de ces personnes étant un expert dans son domaine. La première différence consiste à autoriser les auteurs de cartes à employer n'importe quel concept de l'ontologie. Un auteur utilisera probablement des concepts spécialisés pour son domaine d'expertise et des concepts plus généraux dans les autres domaines. Notre proposition consiste à partir d'un ensemble de cartes cognitives créées par ces experts et à fusionner cet ensemble en une carte faisant la synthèse des connaissances représentées. Ce résultat, appelé carte synthétisée, n'a pas pour but de représenter l'intégralité des connaissances des cartes initiales, cette somme de connaissances pouvant d'ailleurs être incohérente. Il s'agit plutôt de proposer une synthèse permettant à chacun d'appréhender globalement les connaissances de tous les participants. Nous définissons pour cela un ordre sur les auteurs des cartes, cet ordre étant utilisé pour faire apparaître prioritairement dans la carte synthétisée les connaissances des auteurs les plus hauts selon cette relation d'ordre.

En considérant les cartes $CC_{\text{météorologue}}$ créée par un météorologue, CC_{routier} (figure 4) par un routier et $CC_{\text{conducteur}}$ (figure 7) par un conducteur, toutes définies sur l'ontologie de la figure 6 et l'ordre $Routier > Conducteur > Météorologue$, nous produisons la carte synthétisée de la figure 8.

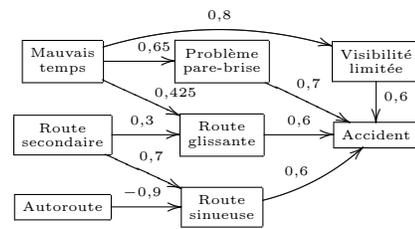


Figure 8: Carte synthétisée.

5. CONCLUSION

Le modèle que nous présentons ici est destiné à être utilisé comme une aide à la prise de décision, qu'elle soit individuelle ou collective. Il ne cherche pas à proposer une représentation la plus précise possible des connaissances et par conséquent ne dispose pas d'opérations permettant un raisonnement très poussé, au contraire d'autres modèles du domaine de l'IA. Par contre, en fournissant une représentation simple à appréhender par tous et en fournissant différentes visualisations sur les connaissances représentées, il favorise la participation de tous les acteurs impliqués dans la prise de décision. Bien que le principe de fusion de cartes a déjà amené des retours d'expérience [11], notre approche visant à améliorer cette fusion ainsi que le mécanisme de vue n'ont pas pu être testées par des utilisateurs pour la résolution d'un problème bien précis.

6. REFERENCES

- [1] R. Axelrod. *Structure of decision : the cognitive maps of political elites*. Princeton University Press, 1976.
- [2] T. Buzan and B. Buzan. *The Mind Map Book*. BBC Active, May 2003.
- [3] F. D. Celik, U. Ozesmi, and A. Akdogan. Participatory ecosystem management planning at tuzla lake (turkey) using fuzzy cognitive mapping. *eprint arXiv :q-bio/0510015*, Oct. 2005.
- [4] L. Chauvin, D. Genest, and S. Loiseau. Ontological cognitive map. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 18(5) :697–716, 2009.
- [5] M. Chein and M.-L. Mugnier. *Graph-based Knowledge Representation*. Springer, 2008.
- [6] J. A. Dickerson and B. Kosko. Virtual worlds as fuzzy cognitive maps. *Presence*, 3(2) :73–89, 1994.
- [7] B. Kosko. Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machines Studies*, 24 :65–75, 1986.
- [8] F. Lehmann, editor. *Semantic Networks in Artificial Intelligence*. Pergamon Press, 1992.
- [9] A. Levi and P. E. Tetlock. A cognitive analysis of japan's 1941 decision for war. *The Journal of Conflict Resolution*, 24(2) :195–211, Jun 1980.
- [10] J. Pearl. *Causality : Models, Reasoning and Inference*. Cambridge University Press, 2009.
- [11] D. Poinonoc. *Cartographie cognitive/ontologie dans la compréhension d'un écosystème*. PhD thesis, ENSA Rennes France, 2006.
- [12] J. F. Sowa. *Conceptual Structures : Information Processing in Mind and Machine*. Addison Wesley, 1984.
- [13] E. C. Tolman. Cognitive maps in rats and men. *The Psychological Review*, 55(4) :189–208, 1948.

Géomodélisation et Informatique :

Formalisation des représentations et représentation des formalismes

Michel Perrin
Ecole des Mines de Paris
60,Bd St Michel
75006 Paris
michel.perrin@ensmp.fr

Jean-François Rainaud
Institut Français du Pétrole
4 avenue de Bois-Préau
92500 Rueil Malmaison
01 47 52 57 25
j-francois.rainaud@ifp.fr

Laura S. Mastella
Petrobras
330, Republica do Chile
20031 Rio de Janeiro Brésil
laura.mastella@
petrobras.com.br

RESUME

Dans les projets d'ingénierie associant des experts métier et des informaticiens, ces deux catégories d'acteurs doivent manipuler un même corps de connaissances qu'ils formalisent selon des modalités différentes. Considérant le cas particulier de la modélisation géologique, l'article examine les problèmes posés par ces différences de représentation et formule quelques recommandations.

Mots clés

Formalisation de la connaissance, ontologies, modélisation géologique.

1. INTRODUCTION

Nous examinerons dans cet article, les problèmes posés par l'harmonisation des représentations formelles de la connaissance dans le cas d'un projet d'ingénierie portant sur la modélisation géologique et associant des experts métier et des informaticiens (ingénieurs de la connaissance et développeurs).

Du point de vue de la représentation des objets, il s'agit de trouver des formalisations qui répondent aux exigences élevées des constructeurs de logiciel tout en respectant, autant qu'il est possible, les contenus sémantiques définis par les experts métier. Ce dilemme classique entre opérabilité et expressivité se ramène à un problème de *formalisation des représentations*. Dans la première partie de l'exposé, nous monterons en nous appuyant sur 3 exemples concrets que des solutions peuvent être trouvées au travers de la construction d'*ontologies de domaine* adéquates.

Du point de vue des acteurs, il convient de faciliter un dialogue que les formalismes employés rendent souvent difficile en raison de l'opacité ou de l'ambiguïté des vocabulaires et des

représentations graphiques qui leur sont attachés. Il s'agit donc de réfléchir à de possibles améliorations de la *représentation des formalismes*. Nous essaierons dans la deuxième partie de l'exposé de cerner certains des problèmes posés et de suggérer quelques pistes de solutions.

L'examen que nous ferons des deux catégories de problèmes mentionnés s'appuie sur l'expérience acquise au travers des études que nous avons menées depuis de nombreuses années sur l'assistance informatique à la construction de modèles géologiques 3D (*Géomodélisation*). Nous ferons par ailleurs allusion à notre expérience particulière au sein du projet ANR e-Wok Hub, qui a réuni dans les années 2006-2009, plusieurs équipes d'informaticiens et de chercheurs en Géosciences en vue de la réalisation d'une plateforme de service pour l'étude des réservoirs géologiques. (Projet e-Wok hub :

<http://www.inria.fr/sophia/edelweiss/projects/ewok/>.)

2. FORMALISATION DES REPRESENTATIONS METIER

La formalisation des représentations métier est une exigence des informaticiens.

Lors de la construction de géomodèles, les experts métier basent leurs descriptions des connaissances sur diverses représentations couramment utilisées en géologie. Nous allons montrer au travers de 3 exemples, que ces représentations ne répondent pas complètement aux exigences posées par les informaticiens pour la description et le management de la connaissance scientifique sous-jacente. Dans chacun de ces cas, il convient donc de pousser plus loin la formalisation grâce à la construction de modèles conceptuels et d'ontologies de domaine.

2.1. Relations entre unités géologiques

L'agencement des terrains sédimentaires, dans lesquels sont localisés la plupart des réservoirs géologiques, est décrit par les géologues à l'aide du *modèle stratigraphique*, conformément auquel des unités géologiques de plus en plus récentes se superposent les unes aux autres. Par ailleurs, un assemblage d'unités sédimentaires est susceptible d'être recoupé par des failles plus récentes que lui.

Les relations topologiques entre les différentes surfaces géologiques sont déterminées par leurs caractéristiques géologiques (limites d'unités, failles) et par leurs âges relatifs. Ces relations entre surfaces se traduisent dans le tracé des cartes géologiques. A la lecture d'une carte, un géologue est ainsi capable de déterminer les caractéristiques des surfaces représentées et leurs relations d'âge.

Les relations topologiques entre surfaces géologiques doivent également être traduites dans les géomodèles 3D. Dans le cas d'une construction de géomodèle assistée par ordinateur, il faut ainsi être en mesure de préciser au cas par cas quelle surface interrompt telle autre. Pour cela, un modèle conceptuel doit être construit qui distingue les différentes catégories de surfaces (limites d'unités, failles etc.) et attribue à chacune d'elles des caractéristiques permettant de préciser ses relations topologiques avec les autres surfaces du modèle. La figure 1 montre le modèle conceptuel que nous avons réalisé, il y a quelques années, en vue de permettre l'assemblage automatisé des surfaces géologiques dans un géomodèle [1]

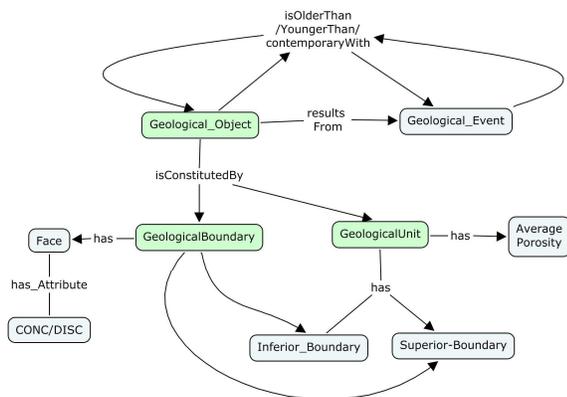


Figure 1. Modèle conceptuel relatif aux objets géologiques

2.2. Description des temps géologiques

Les échelles de temps couramment utilisées en géologie sont basées sur une chronologie événementielle dans laquelle les différents intervalles de temps sont chronologiquement ordonnés et hiérarchiquement organisés par rangs : *éon* (rang 1), *ère* (rang 2), *période* (rang 3) etc... Il en résulte qu'une limite correspondant à un même instant dans l'échelle des temps géologique peut être nommée de différentes manières selon qu'on se réfère à des intervalles de temps de rang plus ou moins élevé. La figure 2 illustre les différents noms sous lesquels peut être désignée une même limite de temps (en l'occurrence le début de la période Trias) dans l'échelle stratigraphique internationale.

Rang	Début du :	Fin du :
2	Mésozoïque	Paléozoïque
3	Trias	Permien
4	Trias inférieur	Lopingien
5	Indusien	Changshingien

Figure 2. Exemple de synonymies.

Les différents noms indiquent tous une seule et même limite correspondant à la base du Trias. (Données extraites de [2])

Lors d'une recherche documentaire, une telle limite de temps devra pouvoir être identifiée comme unique quel que soit le terme sous lequel elle est désignée. Dans le cadre du projet e-Wok Hub nous avons montré que ceci peut être réalisé par le biais d'un outil de requête sémantique tel que le logiciel CORESE [3]. Mais, dans ce cas encore, le formalisme utilisé par les géologues n'est pas en lui-même suffisant. Il faut en effet adjoindre aux échelles de temps géologiques une ontologie permettant de les décrire et un système de codification [4].

2.3. Description des données pétrologiques à l'aide d'une ontologie "sur mesure"

La nature des roches présentes dans le sous-sol peut être décrite à l'aide de classifications scientifiques ou empiriques. Les premières ont une valeur générale mais ne sont pas toujours opérationnelles, car il arrive qu'on ne dispose pas des informations nécessaires pour les faire jouer (observations microscopiques, analyses géochimiques). Les géologues utilisent parallèlement diverses terminologies pour la description des roches observées sur des affleurements ou des carottes de sondage. Ces terminologies sont basées sur des critères d'observation plus grossiers : recensement des éléments de la roche visible à l'œil nu ou à la loupe, texture, contenu en macrofossiles... Elles fournissent des informations, qui sont pertinentes dans un contexte défini mais difficilement « exportables ». Compte tenu de tout cela, on trouve dans la littérature géologique relative à une région donnée (articles, thèses, rapports divers), des termes d'origine variés, ayant un contenu sémantique hétérogènes, à partir desquels il est difficile de tirer une information exploitable par des moyens informatiques.

Dans le cadre d'un projet ciblé mettant en œuvre l'informatique, le recours à des ontologies constitue une solution intéressante, qui peut permettre de résoudre au moins en partie ce problème. Les ontologies présentent en effet plusieurs types d'avantages :

- elles combinent les avantages des classifications scientifiques et empiriques dans la mesure où elles visent à formaliser des savoirs pratiques,
- une ontologie est construite "sur mesure" en vue d'un but défini, sachant que « *there is no one correct way to model a domain but that there are always viable alternatives* » [5]
- il existe une certaine souplesse relativement au niveau de formalisation réalisé par telle ou telle ontologie depuis des « catalogues » jusqu'à des ontologies à haut niveau de structuration [6]

Dans le cadre du projet e-Wok Hub, nous avons fait l'expérience de la construction d'une ontologie « sur mesure » en vue de la prise en compte des données pétrologiques extraites de documents textuels. Celle-ci a été élaborée selon la méthodologie suivante :

- sélection d'une série de textes de référence (articles scientifiques) contenant le vocabulaire du domaine,
- extraction manuelle par les experts métiers des termes intéressants, classification de ces termes et élaboration d'un projet d'ontologie en collaboration avec des ingénieurs ce la connaissance,
- harmonisation du projet d'ontologie avec la ou les ontologies existantes dans le domaine considéré (dans notre cas le modèle GeoSciML (<http://www.geosciml.org/>), qui a vocation à constituer à plus ou moins court terme une norme de fait).

L'ontologie ainsi constituée peut alors devenir le support à une analyse de textes basée sur une annotation sémantique informatisée [7].

2.4. Problèmes liés à l'exploitation des ontologies : passage des concepts aux instances

Si la création d'ontologies permet de formaliser un savoir en définissant des concepts et en précisant leur organisation logique et leurs relations avec un ensemble de propriétés, elle ne constitue pas à elle seule une solution complète pour la gestion des connaissances requises pour la modélisation géologique. En effet, les utilisateurs finaux d'outils logiciels basés sur la connaissance sont intéressés non pas par les concepts ou par les propriétés figurant dans l'ontologie mais par des objets concrets qui sont des instances des concepts décrits et par les valeurs que prennent les propriétés attachées à ces concepts.

En faisant appel à une base de données à base ontologique de type *OntoDB* accédée par l'intermédiaire d'un langage d'interrogation tel qu'*OntoQL* [8], il est possible de permettre aux utilisateurs finaux :

- d'entrer des données en attachant des instances et des valeurs aux concepts et propriétés définis dans une ontologie donnée,
- de récupérer des données de sortie, qui résulteront de la mise en œuvre des relations exprimées dans l'ontologie et, le cas échéant, de règles fondées sur cette même ontologie.

Ainsi le développement d'ontologies doit être complété par la mise en place

- d'outils de type *OntoDB* et *OntoQL*, qui permettent d'exploiter concrètement les formalismes définis,
- d'interfaces conviviales permettant aux utilisateurs d'entrer dans le système des instances et des valeurs de propriétés et de récupérer des résultats de requêtes.

Les partenaires métiers du projet n'ont pas à connaître le détail de ces tâches d'ingénierie logicielle. Il est bon qu'ils sachent cependant que cette étape est nécessaire et qu'elle peut être, en termes de développement, fortement consommatrice de temps.

2.5. En conclusion

Nous avons montré au travers des exemples présentés ci-dessus que dans un domaine d'intérêt à fort contenu scientifique tel que la géologie, il convient d'adjoindre au vocabulaire technique et aux connaissances pratiques des scientifiques et des experts, des outils qui permettent d'exploiter leur savoir à l'aide de moyens informatiques. Il convient ainsi de construire des formalisations spécifiques (modèles conceptuels ou ontologies de domaine) ainsi que des outils adaptés de gestion de la connaissance. Il devient alors possible :

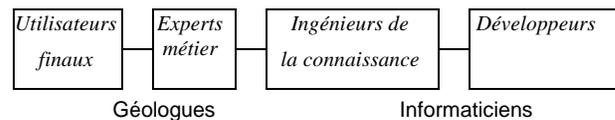
- de mettre en œuvre des méthodes d'annotation sémantique ouvrant la voie à l'analyse de documents textes,
- d'appliquer de règles sur des objets et donc d'effectuer de manière automatique des raisonnements en faisant appel à des moteurs d'inférences,
- d'associer différentes catégories d'objets, par exemple des objets et des âges géologiques.

3. REPRESENTER LISIBLEMENT LES FORMALISMES

Comprendre la signification des formalismes utilisés par les informaticiens pour représenter les connaissances relatives à leur domaine afin de pouvoir en contrôler la pertinence, est une nécessité pour les géologues. C'est cette deuxième catégorie de problèmes que nous allons maintenant examiner.

3.1. Exposé des problèmes : difficultés du dialogue Géologues – Informaticiens

Dans un projet d'ingénierie faisant appel des méthodes informatiques de gestion de la connaissance, les interlocuteurs concernés sont les suivants :



Les experts métiers et les ingénieurs de la connaissance sont ceux qui sont en charge d'élaborer les ontologies qui constitueront le support du dialogue homme <-> machine. Compte tenu des rôles qu'ils ont à jouer, on peut gratifier ces acteurs d'un minimum d'aptitudes au dialogue interdisciplinaire (curiosité intellectuelle, souci de comprendre des partenaires de culture différente). A l'inverse, ces aptitudes ne seront pas forcément celles des acteurs placés aux deux bouts de la chaîne : programmeurs d'une part et utilisateurs finaux d'autre part. En se plaçant dans le pire des cas, on peut donc considérer que les programmeurs n'auront à manipuler que des entités abstraites, dont ils pourront ignorer le contenu sémantique et que, pour leur part, les utilisateurs finaux se verront offerte la possibilité de travailler dans un environnement et avec un langage qui leur sont familiers, en s'abstrayant complètement, s'ils le souhaitent, du formalisme introduit par les ontologies.

3.2. Difficultés conceptuelles au niveau du langage

Même restreint aux seuls acteurs pour lequel il est nécessaire, le dialogue entre géologues et informaticiens est difficile car chacun ignore le langage de l'autre. A cela s'ajoutent des difficultés conceptuelles propres aux langages naturels d'une manière générale (le langage des géologues ne représentant qu'un cas particulier). Au nombre de celles-ci, on peut citer :

- les polysémies et les incomplétudes (en anglais, par exemple, le terme de « *bone* » englobe à la fois les concepts d'« *os* » et d'« *arête* ». Une arête pourra être désignée par le terme « *fish bone* » mais comment désigner un os sinon par le terme « *non fish bone* »?).
- les ambiguïtés dues au fait que des objets différents sont parfois associés sous un même nom (par exemples, le mot « *roche* » désigne à la fois une catégorie de roche et un échantillon)

Pour surmonter certaines de ces difficultés, les ingénieurs de la connaissance sont amenés, à l'instar des philosophes, à introduire des éléments de vocabulaire spécialisés. Des outils ont également été mis au point pour tester la qualité logique des formalisations réalisées tels que par exemple *OntoClean* [9] ou *UFO* [10]. Une

difficulté tient cependant au fait que le vocabulaire utilisé par les ingénieurs de la connaissance est souvent peu parlant ou trompeur pour le profane (cf figure 3).

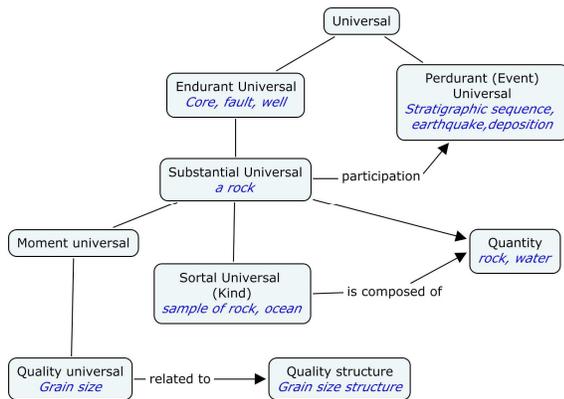


Figure 3 Propriétés définies dans UFO [10]

Les liens non renseignés correspondent à des relations *is_ComposedOf*. Les informations figurant en italiques sont des exemples de concepts géologiques relatif aux différentes catégories de l'UFO.

3.3 Difficultés liées aux imperfections des représentations graphiques

Il n'existe pas de représentations des ontologies susceptibles de répondre complètement aux attentes des diverses catégories d'acteurs qui les utilisent. Le langage OWL (<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>), qui est le plus utilisé par les informaticiens est réservé à eux seuls et est totalement illisible par des non spécialistes. Par ailleurs, aucune représentation graphique d'ontologies n'est complètement satisfaisante. Si l'on compare une représentation orientée « experts métiers » telle que les C-maps (<http://cmap.ihmc.us/>) que nous avons largement utilisée dans le projet e-Wok Hub et une représentation orientée « informaticiens » telle que les schémas UML, on constate que :

- *l'expressivité* est :

excellente dans le cas des C-maps, qui offrent la possibilité de jouer librement sur la disposition des objets, la taille, et la couleur des cartouches, le style des lignes de liaison, les polices de caractères,

moins bonne dans le cas des schémas UML : on peut certes jouer sur la plupart des paramètres précédents mais le style de chaque type d'objet (concept, propriété) est défini une fois pour toutes. Impossible donc pour les experts métiers de distinguer différents types de concepts plus ou moins importants à leurs yeux

- *l'opérabilité* est :

excellente dans le cas des schémas UML : tous les paramètres utiles à la caractérisation informatique des objets sont affichés et repérés par un style unique,

insuffisante dans le cas des C-maps, car seuls certains paramètres sont affichables.

4. RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

Dans le cas de projets d'ingénierie, une collaboration étroite et prolongée entre informaticiens (ingénieurs de la connaissance) et professionnels (experts métier) s'avère indispensable. Pour que celle-ci soit productive, il faut, à notre avis, veiller :

a/ à ce que chacun fasse son métier :

- Les experts métier doivent être considérés comme les seuls compétents pour juger de l'opérabilité des ontologies construites, eu égard aux objectifs qu'ils se fixent.
- Les ingénieurs de la connaissance sont, à l'inverse, seuls compétents pour décider de l'architecture des ontologies en question, dès lors que celles-ci répondent à l'ensemble des spécifications posées par les experts métier. De même, c'est à eux et à eux seuls qu'il revient de définir les modalités selon lesquelles les connaissances doivent être gérées (choix d'une base de données, d'un langage de requête, d'un moteur d'inférence).

- Par ailleurs, les contraintes qui résultent de cette division du travail doivent être comprises et acceptées par les acteurs situés aux deux bouts de la chaîne : utilisateurs métier d'une part et développeurs d'autre part, ce qui est parfois loin d'être facile.

b/ à ce que chacun se mette « dans la peau de l'autre » ; chacune des deux catégories d'acteurs (experts métiers et ingénieurs de la connaissance) doit expliquer à l'autre les exigences auxquelles ils doivent faire face et les contraintes que cela impose.

c/ à anticiper les difficultés afin ne pas faire des choix irréfléchis. Cet objectif est de loin celui qui est le plus difficile à mettre en œuvre. Dès lors qu'ils pensent avoir compris ce que les utilisateurs attendent du système, les constructeurs de logiciels seront toujours amenés à choisir les outils et les solutions qui sont les plus opérantes à leur niveau (pour minimiser le volume des données, pour assurer une bonne rapidité d'exécution). On court alors le risque que ces choix basés sur des critères informatiques, altèrent éventuellement les performances du système eu égard aux attentes des utilisateurs. Il est souhaitable d'anticiper dans toute la mesure du possible ces difficultés à chaque stade du projet, en faisant aussi souvent que nécessaire des retours vers les experts métiers donneurs d'ordre notamment par le moyen de tests judicieusement choisis. Un choix d'architecture logicielle ne peut être fait qu'après que les concepteurs auront envisagé en commun avec les experts métiers quelles peuvent en être toutes les conséquences possibles. Cela n'évitera pas toujours le risque de mauvaises surprises mais le réduira sensiblement.

Il faut enfin avoir conscience que la collaboration entre experts métier et ingénieurs de la connaissance est un processus itératif, coûteux en temps. Ainsi, dans le cadre du projet e-Wok Hub la finalisation d'un ensemble d'ontologies métier relatives au domaine de la modélisation de réservoirs géologiques a exigé la tenue d'une dizaine de réunions étalées sur plus de 6 mois. Ce dialogue prolongé entre acteurs est extrêmement enrichissant. Toutefois, lors de la planification d'un projet, il convient de soigneusement prendre en compte les délais qu'il impose.

Références

- [1] Brandel, S., Schneider S., Perrin M., Guiard N., Rainaud J.F., Lienhardt P., and Bertrand Y., 2004, Automatic building of structured geological model. in *ACM Symposium on Solid Modelling and Applications. Genova (Italy)*.
- [2] Callec, Y., Janjou D., Baudin T., Luquet C., Pellé J. M., Laville P., 2006, Échelle des Temps Géologiques, *Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)*.
- [3] Khelif, K., Dieng-Kuntz, R., Barbry, P., 2006, An ontology-based approach to support text mining and information retrieval in the biological domain, of the *Journal of Universal Computer Science (JUCS), Special Issue on Ontologies and their Applications*, 13(12) 1881-1907
- [4] Perrin M., Mastella L., Morel O., Lorenzatti A., 2011, Geological time formalization: an improved formal model for describing time successions and their correlation , *Earth Science Informatics*, volume 4, number 2, pp. 81-96. 2011
- [5] Noy N. F., and D. L. McGuinness, 2001, *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*, Stanford, CA, *Stanford University - Knowledge Systems Laboratory*.
- [6] Uschold M., Gruninger M. ., 2004, Ontologies and semantics for seamless connectivity. 33(4):58–64, URL: <http://www.sigmod.org/sigmod/record/issues/0412/12.uschold-9.pdf>.
- [7] Perrin M. , Durville P., Grataloup S., Mastella, S. Lions J., Morel O., Rainaud J.F., 2008, Knowledge issues for automatic identification of CO₂ storage sites by means of Semantic Web. Technology, *CO₂ Geological Storage Workshop, Budapest*, September 2008
- [8] Jean, S, 2007, *OntoQL, un langage d'exploitation des bases de données à base ontologique*, thèse Université de Poitiers, Décembre 2007
- [9] Guarino N. , Welty C.A., 2004, An overview of OntoClean. In: S. Staab e R. Studer (Ed.). *Handbook of Ontologies*. Berlin: Springer 2004. An overview of OntoClean, p.151-171. (*International Handbook on Information Systems*)
- [10] Guizzardi, G., 2005, *Ontological Foundations for Structural Conceptual Models*. Enschede, *The Netherlands: Universal Press*, v.05-74. 2005. 410 p. (CTIT PhD Thesis Series)

UED-2011, Workshop on Usability in Education “impact on study results”

Sylvie Girard
CREN – pôle manceau
Université du Maine, 72085 Le Mans
France
sylvie.girard@asu.edu

Roger Nkambou
Université du Québec à Montréal,
Université de Montréal,
Canada
nkambou.roger@uqam.ca

RESUME

Vous travaillez en EIAH ou IHM, et êtes intéressé par les questions d'utilisabilité concernant l'éducation? Ce workshop a été créé pour vous. Voici quatre raisons de participer: Un comité de programme sensationnel, qui regroupe des chercheurs internationaux des communautés IHM, EIAH, Interaction Design, et de l'informatique émotionnelle. La garantie d'une qualité scientifique d'exception pour les papiers présentés. Participez à la création d'une nouvelle communauté afin d'explorer tous les aspects liés à l'utilisabilité des systèmes intelligents pour l'apprentissage humain, avec une session de brainstorming exceptionnelle le jour de l'atelier. Un workshop qui sera porteur de nouvelles idées, pour une création de recueils spécialisés dans ce sujet : création d'une issue spéciale dans le journal international Journal of Usability Studies en 2012, et nous sommes en pourparler avec STICEF pour la création d'un numéro spécial en français pour l'année 2012 également.

Mots clés

Utilisabilité, apprentissage, EIAH

ABSTRACT

You work in education or HCI, and are interested in usability issues for educational technology? This workshop is made for you. Here are four reasons you have to participate: A sensational scientific comity bringing together academics from the fields of HCI, AIED, Interaction Design, and Affective Computing The guaranty of a high quality of scientific papers Building a new community to explore all aspects of usability in Education with an exceptional brainstorming session on the day Workshop support of the creation of special issues in international journals: creation of a new issue of the Journal of Usability Studies for 2012, and currently in contact with STICEF for a special issue in French for 2012.

Keywords

Usability, learning, educational technology

Companion Proceedings of IHM'11, 23ème Conférence francophone sur les Interactions Homme-Machine, October 24-27, 2011, Sophia Antipolis, France.

Copyright is held by the author/owner(s).

WORKSHOP ORGANIZERS

- Roger N'Kambou, Université du Québec à Montreal, Canada
- Sylvie Girard, CREN, pôle manceau Innovation en éducation, France

WORKSHOP PROGRAM COMITY

- Shazia Afzal, university of Cambridge, UK
- Ben Du Boulay, School of Informatics, University of Sussex, UK.
- Jacqueline Bourdeau, Téléuq-UQAM, Canada
- Joost Broekens, Delft University of Technology, The Netherlands
- Ginevra Castellano, Queen Mary University of London, UK
- Bertrand David, Laboratoire LIESP, Ecole Centrale, Lyon, France
- Elisabeth Delozanne, Université Paris 6, France
- Aude Dufresne, Université de Montréal, Canada
- Sylvie Girard, CREN, pôle manceau Innovation en éducation, France
- Judith Good, School of Informatics, University of Sussex, UK.
- Agneta Gulz, Lund University Cognitive Science, Sweden
- Magnus Haake, Lund University, Sweden
- Juan Pablo Hourcade, University of Iowa, US
- Judy Kay, CHAI, university of Sidney, Australia
- Hilary Johnson, university of Bath, UK
- Richard Joiner, university of Bath, UK
- James Lester, North Carolina State University, US
- Roger Nkambou, Université du Québec à Montreal, Canada
- Laurel Riek, University of Cambridge, UK
- Dominique SCAPIN, INRIA Rocquencourt, France
- André Tricot, Université de Toulouse 2, France

RESEARCH QUESTIONS

Usability has always been a critical issue for any computer application, but especially with regards to software created for use in experimental studies for better learning. One major research question is raised: *Usability problems that frustrate or confuse the target user can jeopardize the effectiveness of an AIED application. What usability issues arise in AIED, and how can they be addressed?*

The workshop will aim at giving more insight on different aspects of usability:

- *Usability applicable for different technologies:* desktop, web-based, ubiquitous, tangible, android. Usability for all applications, or specific issues for each type of educational application.
- *Different technologies used in the software:* agents, sound, affect, user-modelling, virtual/mixed reality. What usability challenges bring the use of different technologies for learning?
- How can an *interdisciplinary team* work together to produce software design methods that include usability principles? Designing for all: issues of specific user groups (children, elderly, handicap), and personalisation.
- Different types of *learning theories* implemented, and their impact on software development and usability: constructivism, discovery learning, serious games, etc..

THEMES AND GOALS

Research investigating how to successfully evaluate interactive pedagogical products agree on the importance of the following three dimensions [1]:

- *Utility:* does the system enable learners to learn the concepts it was created for?
- *Acceptability:* is the system compatible with the user's culture, values, or the organizational structure it should be deployed into?
- *Usability:* is the system easy to use, understand, and reuse, without any manipulation errors or requesting for navigational help intensively?

These three dimensions have been showed to be complementary, and critical for the development of educational products that respect the culture, cognitive, pedagogical, and motor capacities of the final users: the learners or their teachers. While usability has always been a critical issue for any computer application, it is especially true with regards to software created for use in experimental studies for better learning. Indeed,

intelligent tutoring systems, and any kind of technology-based pedagogical application, are very complex applications that need a high degree of adaptation to the users, and a high level of malleability by their users in order to perform the tasks they are assigned to. For instance, situations where the user is not able to perform an activity due to buttons too little to click on easily, or other usability issues, should be avoided at all cost. One major research question is raised for the purpose of this workshop's reflections: How can one believe in the validity of study results when the application supporting the experiment is source of frustration, badly used by the participants, or not well adapted to the targeted user, due to its poor usability?

Few research findings were presented in the past about usability issues in educational technology, and the impact of the usability of the interface on study results. While the field of HCI extensively investigates usability issues within the design of software applications, there is still a lack of consideration of these investigation results for the design of educational technology [1]. Some research investigated usability issues in educational technology in the past, in terms of software interface and interaction techniques ([2][3][4][5][6]). However the results were often limited to user preferences, task performance, motivation to use software or general learning gain. Recent research is increasingly interested in better understanding user's preferences, and user's experience while using software. Particularly, with the use of multiplatform technologies (desktop, ubiquitous, tangible, interactive whiteboard, android), systems are more and more personalized (adaptive systems, (open) user-modelling). Also, new generation of learning environments such as serious games implies new challenge in learning interface design. The user-system interaction should now consider more human factors including affect.

U-Ed'2011 goal is to bring new people to the AIED conference, coming from Human-Computer Interaction and Human-Robot Interaction: people more focused on the HCI side of the educational applications, especially working on the interaction techniques behind the applications, in regards to a specific public.

The program committee presented below (all members agreed to contribute to the reviewing process) includes people from both HCI and AIED research communities. This is a guarantee for a high scientific quality of the workshop and also of the success of this first tentative of making these two communities interact together on challenging issues. This is an opportunity for people of CHI community to learn more about complex usability in learning environment and for AIED people to more understand CHI fundamentals (theories, methods and techniques) that may contribute to a better design and evaluation of educational software in their usability perspective.

REFERENCES

- [1] Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., Morcillo, A. « Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH » Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003, France (2003)
- [2] Girard, S. and Johnson, H. 2009. "Educational software for children: analysis of interaction techniques for direct manipulation". In Proceedings of the 21st international Conference on Association Francophone D'interaction Homme-Machine (Grenoble, France, October 13 - 16, 2009). IHM '09. ACM, New York, NY, 259-262.
- [3] Haake, M. and Gulz, A. (2009) A Look at the Roles of Look & Roles in Embodied Pedagogical Agents - A User Preference Perspective. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 19(1), 39-71.
- [4] Jean, S., « Application de Recommandations Ergonomiques : spécialité des EIAH dédiés à l'évaluation », Actes des rencontres de jeunes chercheurs en IHM 2000, mai 2000, p.39-42.
- [5] MacFarlane, S., & Pasiali, A. (2005). Adapting the Heuristic Evaluation Method for Use with Children. INTERACT'05.
- [6] Woolf, B.P., Arroyo, I., Muldner, K., Bursleson, W., Cooper, D., Dolan, R., Christopherson, R., (2010a), The Effect of Motivational Learning Companions on Low Achieving Students and Students with Disabilities, In V. Aleven, J. Kay and J. Mostow (Eds.) Intelligent Tutoring Systems: 10th International Conference, ITS 2010 (pp. 327-337). LNCS 6094. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Case studies illustrations of experimental settings issues in classrooms

Sylvie Girard

HCI Research lab, Department of Computer Science, University of Bath,
BA2 7AY BATH, UK

s.a.girard@bath.ac.uk

ABSTRACT

One main impact of empirical studies investigating the use of various applications by children for learning is the usability surrounding the use of the technological devices involved. This article presents evaluation recommendations and case studies for the design of empirical studies for children aged seven to eleven years old working on mathematical pedagogical applications. The case studies discussed there were designed following the guidelines and advice from Markopoulos et al's work on the evaluation of children's interactive products. Practical examples are given as to the possible improvements of empirical study in an effort to reduce usability issues that can hinder the investigation of pedagogical research questions.

Keywords

educational technology, usability, child-computer interaction, evaluation recommendations.

1. INTRODUCTION

When designing and executing empirical studies and experiments, it is essential to take into account the interaction characteristics of the technologies used and how they can affect end users [2, 3, 18]. It is even more crucial when the purpose of the study reaches beyond interactional usability concerns: e.g. when evaluating pedagogical applications, the most common factor within the study is related to learning, either as a measure of performance during one particular task, or learning gains related to software use over a lengthy time period.

The issue concerns whether learning gain or lack relates to use of the technology, vagaries of the empirical study set-up context and pragmatics rather than the pedagogical paradigm. It is therefore important to gather case studies and form guidelines or recommendations to reduce usability issues and technical difficulties, and consequently plan studies that have better opportunities to actually investigate specific research questions without being hindered by usability issues.

Decades of researchers in Interaction Design for Children and Educational Technology have performed evaluation studies of various kinds of learners, using various technologies. Methods have been created to design, and evaluate products with regard to the human-computer interaction factors [2, 3, 18], with a special interest in the characteristics and behaviors toward technology of child users [1, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17].

However, there is very little literature that provides recommendations or insights into the best way to evaluate products for children in order to reduce the influence of the evaluation itself on the pedagogical study results. In [11] an interesting and useful set of recommendations, tips, and guidelines have been compiled for the evaluation of interactive products by child-users.

This article presents an application of Markopoulos et al's [11] work for the design of several experimental studies involving children aged seven to eleven from some French and UK primary schools. The field studies, presented in detail in [7], were conducted in classroom settings as individual work with technological devices. Some evaluation recommendations were then drawn from the issues raised by the application of Markopoulos et al's [11] recommendations.

In essence, we ask you to make your paper look exactly like this document. The easiest way to do this is simply to download a template from [2], and replace the content with your own material.

2. EVALUATION GUIDELINES

2.1 Factors to consider when designing empirical studies: Theoretical underpinnings.

The first concern is to define the problem space. Traditionally, this activity begins with the definition of research goals and a set of objectives. It is then followed by a reflection on the choice of technological devices available to the user, the type of study design to select, and a definition of a study procedure. Those considerations should take into account the characteristics of the end users, but the question is: what to choose, how, and when?

In agreement with Markopoulos et al's [11] recommendations, we consider Piaget's [12, 13] work a crucial starting point for the definition of the settings around empirical studies performed on child-users. His work on classifying children by developmental stages includes interesting observations of the way children may behave at the different developmental stages. It also indicates that careful thought should be given to the impact learning can have on the surrounding environment and the child's thought processes.

Our experience of designing and evaluating pedagogical applications for children in [7], has involved coupling Piaget's observations with Acuff & Reiher's [1] stages of child development in interacting with technology. We believe this theoretical foundation enables the design of studies that are more likely to correspond to the children's technological abilities, and cognitive development. Researchers can then choose from a number of alternatives, the most appropriate interaction style [8, 10, 16], the design and building of the interactive devices [2, 4, 5, 7], and how to evaluate the adequacy of their products with respect to the user's abilities by selecting relevant evaluation techniques [3, 9, 11, 14, 15, 17, 18].

2.2 The power of words and consequences of instructions.

As portrayed by Piaget's theory of development [12, 13], children aged seven and older attempt to interpret what is happening around them. This ability is central to many evaluation studies [9, 11], with children entering a complex thought process each time an instruction or evaluation question is given, establishing exactly what is *really* being asked, before constructing an answer or performing a task. For this reason, one has to be careful in how pre-task and post-task briefings, children's interviews, and the instructions given to children for the experimental studies are presented.

For the pre-task briefing in the experimental studies reported in [7], a choice was made to give the general instructions about the task simultaneously to all participants, in the form of a video projected on the classroom whiteboard. This was to eliminate inconsistencies in instructions and delivery contexts. When working with child-users, it is essential to make sure they understand the tasks to perform, without inferring research goals from the instructions. If not portrayed in a cautious manner, the instructions "you can do X" will be understood by most as either "you shall do X", or "you can do X, but it would be better if you did not", which can alter the study context. A smile, sign of tiredness, or contrariety on the part of the researchers during instructions given to one of the participants has been shown to change the child's entire experience with software, and therefore the study results.

2.3 Familiarizing yourself with the classroom and the children

In [11], the strong impact of reducing the effect of the children's temperament on the results of the study is highlighted. Several actions are proposed to reduce this effect, including *approach withdrawal*. It is suggested that use of familiar locations and language for the children, will reduce the strangeness of the situation. Additionally it is important to familiarize the children with the people undertaking the study. This facilitates the transfer of the authority from the teacher to the research team for the children to follow instructions more easily, and removes some of the children's shyness towards strangers that can impact the evaluation results.

In our study a month prior to each of the experiments in [7], the researcher directing the study assisted in a mathematics lecture in the classroom, with appropriate consents. The researcher was introduced to the children, along with the topic of the study to be performed, i.e. practice of mathematics tasks. The researcher participated in group-activities with the children, in order for the students to familiarize themselves with her. This step was deemed essential as children aged seven to eleven can get easily distracted

by elements outside of their usual learning environments. By allowing the researcher to be viewed as "another teacher", and not a stranger, a teacher-child relationship was formed between the children and the researcher. This facilitated children following the researcher's instructions in a more intuitive way during the time they were alone with her during the study.

2.4 Naturalistic setting

The experimental studies in [7] were performed using observations of the child participants, in order to minimize the researcher's influence on the performance of the tasks. Children mostly undertook the tasks individually within the classroom, separate from their peers, in groups of three children. The three participants were placed in the room so as not to see each other work, and in such a manner for the research to naturalistically observe each participant unobtrusively. This setting was found very useful for this PhD's work, and produced interesting observations of child's behavior with a reduced number of interactions between the children and the researcher. It seemed to enable the reduction of the effect of temperament described in (Markopoulos et al, 2008) as *distractibility*, whilst enabling the experiment to be conducted in a timely manner.

Children were brought to the classroom in groups of three. The order of the children to use the software was defined by the teacher. They were placed so as not to see what the other children did. However the researcher was able to take notes on the observations. The children were so involved in the tasks that they forgot the presence of the researcher until the end of the tasks except for occasions where help was needed.

2.5 Control of the environment

Another recommendation to reduce the effect of temperament, introduced in [11], is *activity level*: making sure that children finishing early do not distract others. Whilst undertaking the study in groups of three children presents advantages, it also can increase the degree of distractibility of children in performing the task, if the study is not planned carefully. When considering the setting up of the study, attention should be given to the number of adults that will be needed to accompany children in and out of the study set-up, and occupy the ones finishing early. Quiet tasks or activities, aiming at occupying children who abandoned the experiment or finished early, should be planned with the children's teachers prior to the study.

In the study reported in [11] children did not take the same time to finish the task. Be respectful enough of the teacher's planning and timing in class, you need to accompany all the children back to the classroom together, not individually which would disturb the teacher's flow. However, you do not want to have children wandering around in the room, or left to themselves doing nothing. This is certain to bore them, and try to engage in any activity such as singing, running, fighting, which will end up distracting the others performing the experiment. Make sure you plan this off-time with the teachers with activities they are used to do... drawing activities, puzzles, or have a person read to them quietly in the corner of the room for the youngest ones.

2.6 Preparing for the study: be ready for anything

In [11], the following tips are introduced concerning the evaluation space and to prepare for the study:

“When you plan an evaluation in a space that is not your own, make sure to bring everything you need !” (p.93)

“It is a good idea to visit the test location even before the pilot testing”. (p.93)

This section expands this notion, by giving personal experiences with children using technology, with a non-exhaustive list of things to be aware of, and the possible consequences of not doing so...

In preparing empirical studies, you want to ensure valid, repeatable data from the study set up. However, working with children you will not be able to control as much as with adults. It is really crucial to run a pilot study for many reasons, not least to test all materials needed for the experiment and practical details. This not only includes the technological aspects of the experiment, but most and foremost everything you will need for the experiment to run. You especially need to test things in the final local, if possible, or at least go there and have a look around prior to the experiment to test the feasibility of the study. You have thought of software, the computers, the mice that will be used... think again, that's not all there is to it:

...use of sound:

In some schools, you have headphones for children to use, however usually of limited numbers and with special plugs that may not work with your material. If you're smart, you might have thought about bringing some headphones from your personal reserves for the experiment... but are you sure they will be usable? Commonly used headphones for portable devices, bright and shiny, really easy to use.. You plug them in and put them on the children's ears... however five minutes in the experiment you will come across a huge problem: they are no good for use by youngsters! The listeners will begin to fall on the ground from five minutes in. As they are too big to be fixed on little children's ears... first, you might try to work it, but you will then have to spare your time between the different children working at the various stations to help them put them back on, highly distracting for the children in question. What are you going to do tape them on the children's head? Hardly ethical and proper... so you will end up having to use the microphones for hearing, which brings bias in your experimentation as the children will hear what the others will do, and not be able to function isolated from the others anymore.

... plugging in computers and hardware ?

Most of the classrooms in primary schools are not used in being large computer labs, so you might have one or two plugs but not more than that... you therefore would need to take all extension cords and trailing sockets, taping them on the floor. Some researchers advertise the use of Sellotape™ for parcels, which is indeed useful. However, you might also want to plan for less invasive tape, when needed to tape down the alimentation wires of laptop computers on the tables, or sensitive material. This should allow you to leave the school without scorching away the tables and destroying the material.

... timing in the experiment:

Not all classrooms do possess a clock. When the experiment has to follow a specific timing, do not forget to bring a stopwatch for you to regulate the experimental setting. Do not forget to consider the transit time... children will need some time to be taken from their classroom, going to the experimental space, being told the instructions and prepped, performing the experiment, post-session briefing, and then being accompanied back to the classroom. When it is possible, do try to appoint a specific person to the children transit. If not planned carefully, you might end up one group short at the end of the day because it took too much time with the other groups...

...video?

When having written consent from the parents and the children, it is possible and useful to use web cameras embedded in computers to record video data. This enables the participants to “forget” about their being watched during the experiment and to capture more natural settings. However be aware of one humongous problem with using such webcams with children: how short the children truly are when sitting down! Today, you were all set, you have all the technology, the batteries, the wires, plugs, etc.. An adult whose role is to take children in transit, and researches for naturalistic observations... everything should be perfect. First participants come in, sit down, you set up the material, the procedure you rehearsed before the day not to loose time... and oops... you only half of the child's head!!! Indeed in primary schools the settings are low in the chair-table proportion. This does not enable you to see the child's head when working on it... One cheap solution: you need to be not shy of robbing your apartments for all cushions to set the children safely and efficiently so as to see what you will be looking for in the analysis.

2.7 Rewards

When working with users, it is recommended to thank all participants as soon as possible after the evaluation exercise is completed. In [11], it is suggested to offer a small token, such as a “certificate” to the participants as a reward. Children are known not to really need rewards to perform the studies, as they are usually looking forward to doing tasks for adults. However, the fact to give a “certificate”, as a souvenir of its participation to the project, makes it possible for the children to share what their experience was with their parents. In one of the experiment, before leaving, the researcher thanked again all child-participants and the teacher, and gave to the class a number of personalized gold stars, bearing the logo of *Multiplotest* (software used in this experiment[7]), as organized with the teacher beforehand. In this school, stars are earned by children upon excellent scholastic results, good behavior, helping others etc... and they grant “special treats” for the entire class when enough are earned. If possible it is a good idea to work something out with the teacher as part of the class practices. This practice indeed reinforced the positive experience of children in doing the experiment, and facilitated the reused of the participants for other projects ongoing.

3. CONCLUSION

In this article, a set of evaluation recommendations were introduced, illustrated by personal experiences in the design and realization of empirical studies for children aged seven to eleven years olds working on mathematical pedagogical applications. The work of Markopoulos et al [11], among others, was extremely valuable for the initial design choices to be made in the process of designing experimental studies for pedagogical applications. Practical examples were given before as to the possible improvements of empirical study design in an effort to reduce usability issues that can hinder the investigation of pedagogical research questions. The set of recommendations listed here, while far from exhaustive, aims at helping future researchers in child educational technology in their experiment planning. However, there is still room for investigations as to the impact of technology and technological settings on final users, and how this can affect the realization of the studies and children's experience in terms of learning.

REFERENCES

- [1] Acuff, D. S., Reiher, R. H.: *Kids' Stuff: Toys and the changing worlds of American childhood*. Harvard University Press, Harvard (1997)
- [2] Carroll, J: *Making Use: Scenario-Based Design of Human-Computer Interactions*. MIT Press, Boston (2000)
- [3] Dix, A., Finlay, J., Abowd, G., & Beale, R.: *Human Computer Interaction*, 3rd edition: Prentice Hall, (2004)
- [4] Druin, A., L., Hanna, et al. *The Design of Children's Technology*, Morgan Kaufman Publishers, Inc. (1999)
- [5] Druin, A. *The Role of Children in the Design of New Technology*. In *Behavior & Information Technology. International Journal on Human Aspects of Computing*. Vol. 21(1), pp. 1--25. Taylor & Francis, (2002)
- [6] Girard, S., *Traffic Lights and Smiley Faces: Do children learn mathematics better with affective Open-Learner Modeling tutors?*, PhD of the university of Bath, (2011)
- [7] Girard, S., Johnson, H. : "Designing affective animations with children as design partners using role-playing". In : *Proceedings of the 23rd international Conference on Association Francophone D'interaction Homme-Machine (Sofia-Antipolis, France, October 24 - 27, 2011)*. IHM '11. ACM, New York, NY (2011)
- [8] Girard, S., Johnson, H.: "Educational software for children: analysis of interaction techniques for direct manipulation". In *Proceedings of the 21st international Conference on Association Francophone D'interaction Homme-Machine (Grenoble, France, October 13 - 16, 2009)*. IHM '09. ACM, New York, NY, 259-262, (2009)
- [9] Hanna, L., Ridsen, K., and Alexander, K. *Guidelines for usability testing with children*. *Interactions* vol. 4, 5, pp. 9 -- 14, 1997.
- [10] Hourcade, J.P., Bederson, B.B., Druin, A. & Guim-bretiere, F.: *Differences in Pointing Task Performance Between Preschool Children and Adults Using Mice*. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, vol. 11(4), pp. 357--386. (2004)
- [11] Markopoulos, P., Read, J., MacFarlane, S., and Hoysniemi, J.: *Evaluating Children's Interactive Products: Principles and Practices for Interaction Designers Interactive Technologies*. Morgan Kaufmann Publishers Inc. (2008)
- [12] Piaget, J. *The Origins of Intelligence in Children*, University Press, New York, NY, USA, (1952)
- [13] Piaget, J.: *Science of Education and the psychology of the child*. New York: Orion Press. (1970)
- [14] Read, J.C., MacFarlane, S.J. and Casey C. *Endurability, engagement and expectations: Measuring children's fun*. In *Proceedings of the Interaction Design and Children*, Shaker Publishing, Germany, pp. 189-198. (2002)
- [15] Read, J.C. *Validating the Fun Toolkit: an instrument for measuring children's opinions of technology*. *Cognition Technology and Work*. Vol.10, 2, pp 119--128. 2008.
- [16] Read, J.C., M. Horton, and E. Mazzone: *The Design of Digital Tools for the Primary Writing Classroom* In *Proc of EdMedia'05Montreal, CA*, (2005)
- [17] Scaife, M., Rogers, Y., Aldrich, F. & Davis, M.: *Designing For or Designing With? Informant Design for Interactive Learning Environments*. Paper presented at the CHI'97, Atlanta, (1997)
- [18] Shneiderman, B.: *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction: Third Edition*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley (1998)

L'utilisabilité d'un environnement d'apprentissage peut-elle être améliorée par la prise en compte des mesures oculométriques et physiologiques pour la rétroaction du système ?

Fethi Guerdelli

Université du Québec à Montréal,
Canada

guerdelli.fethi@courrier.uqam.ca

Roger Nkambou

Université du Québec à Montréal,
Canada

Université de Montréal, Canada
nkambou.roger@uqam.ca

Aude Dufresne

Université de Montréal, Canada

aude.dufresne@umontreal.ca

RESUME

Nous avons mis en place un environnement d'apprentissage d'un cours en sciences physiques sur l'effet photo-électrique basé sur l'utilisation d'un simulateur et fondé sur l'expérimentation et le conflit cognitif. Les apprenants utilisaient des ordinateurs personnels dotés d'un oculomètre et de capteurs physiologiques et étaient connectés en réseau à un tuteur humain placé dans un local distant. Durant le déroulement du cours, les apprenants étaient soutenus par un tuteur humain les aidant à surmonter les difficultés éprouvées. Tout au long des expérimentations, nous avons recueilli des informations oculométriques, physiologiques et enregistré des vidéos de l'apprenant. Les analyses des données non verbales nous ont permis de trouver des indicateurs pouvant être associés aux interventions du tuteur humain. Ces indicateurs ont servi à l'élaboration de règles pouvant être utilisées par un agent tuteur artificiel pour offrir une rétroaction plus appropriée à l'apprenant, favorisant ainsi l'utilisabilité de l'environnement d'apprentissage.

Mots clés

EIAH, apprentissage constructiviste, simulation, oculométrie, capteurs physiologiques, soutien à l'apprenant.

1. INTRODUCTION

Notre recherche vise à améliorer l'utilisabilité des simulateurs éducatifs par une prise en compte des informations non verbales durant l'interaction entre l'apprenant et le système. Notre but est de montrer comment ces informations non verbales (soit les fixations oculaires et le stress) peuvent permettre l'amélioration de l'ordinateur dans son rôle de coach lors de diverses situations d'apprentissage. Le fait de dégager le tuteur humain de certaines fonctions automatisables est profitable aussi bien pour lui, qui aura plus de temps et d'énergie pour accomplir ses fonctions « humaines », que pour les apprenants qui auront la chance d'être doublement assistés. Le tuteur humain ne peut être disponible en tout temps pour répondre aux besoins de l'apprenant et de

suivre chaque apprenant d'une façon individuelle. Habituellement, les cours se font en groupes et l'apprenant doit souvent compléter son apprentissage après les cours.

Ce travail de recherche vise l'amélioration des technologies de l'information et de la communication en éducation (TICE) afin de promouvoir un meilleur apprentissage. L'utilisation des TICE est devenue une alternative sérieuse pour le soutien à l'apprentissage et a introduit des changements aussi bien chez les apprenants que chez les tuteurs et les concepteurs pédagogiques. La notion de distance entre tuteur et apprenant n'est plus la même, un cours peut se donner aussi bien face à face qu'à distance. Le cours est souvent conçu pour offrir une formation à des groupes d'apprenants en présentiel, donc mal adapté aux besoins et au rythme de chaque apprenant. Ceci nécessite une nouvelle approche pour la conception du cours. Les tuteurs voient leur rôle changer, car au-delà du fait qu'ils doivent s'adapter aux nouveaux environnements d'apprentissage, ils doivent concevoir leurs cours en tenant compte de l'ergonomie, des outils utilisés et de la distance entre les apprenants. Le rôle de l'apprenant a aussi bien changé, car les TICE l'interpellent désormais à devenir plus autonome et plus actif et à mieux tirer profit de l'opportunité d'un apprentissage individualisé et adapté à ses besoins d'apprentissage.

2. CADRE DE LA RECHERCHE

L'étude du comportement du tuteur humain a fait l'objet de nombreuses recherches pour concevoir des systèmes tuteurs informatisés. Plusieurs systèmes ont découlé de ces recherches et couvrent un grand spectre de domaines aussi variés que la physiologie [1] ou la physique [2]. Ces systèmes tuteurs assistent l'étudiant dans sa tâche d'apprentissage et lui offrent l'aide nécessaire.

Comme toute communication entre humains, il y a une partie de la communication qui est véhiculée par la voix (communication verbale) et celle qui est non verbale comme les gestes, les expressions faciales, le soupir, le regard et l'expression des émotions [3]. L'information non verbale peut véhiculer plus d'informations que la communication verbale. L'enseignant prend en compte les réactions non verbales de ses étudiants, et à son tour enrichit sa communication verbale avec des changements de ton, des gestes et des émotions pour atteindre ses objectifs pédagogiques [3]. Les interactions non verbales sont l'objet de nombreuses études dans les interactions entre humains et machines et commencent à peine à être prises en compte dans les

EIAH. Il existe encore plusieurs difficultés liées à la disponibilité des équipements capables de capter toutes les expressions humaines non verbales de manière non intrusive. D'autres difficultés sont liées à l'enregistrement, la codification, l'analyse et l'interprétation des informations captées.

Le système tutoriel visé cherche à imiter certains comportements de l'enseignant dans le but de reproduire une aide similaire dans des conditions similaires. Notre système est conçu pour donner de l'aide d'une manière automatique à l'apprenant en fonction de l'historique des interventions de l'enseignant et de l'analyse des données non verbales. Notre système est bâti autour d'un simulateur de l'effet photoélectrique, il ne s'agit pas d'un système générique, mais plutôt d'un système assez paramétrable pour être utilisé éventuellement avec d'autres simulateurs, spécifiquement ceux développés par l'Université du Colorado [4].

Les actions et les émotions de l'apprenant peuvent être très utiles au tuteur pour juger son état cognitif et agir en conséquence. Les émotions ont une influence sur la motivation [5] et par conséquent, sur la qualité de l'apprentissage. Les vertus de la dimension affective de l'interaction en contexte d'apprentissage humain avec l'ordinateur ont été bien étudiées par Nkambou, Delozanne et Frasson [6]. Cependant, le tuteur, même dans un cours particulier face à l'apprenant, est incapable d'avoir tous les indices sur le déroulement de ses processus cognitifs. Il ne peut pas savoir si le texte présenté a été réellement lu et sur quels mots ou sections l'apprenant s'est attardé. De plus, les émotions des apprenants ne sont pas toujours facilement identifiables. Il est utile d'identifier les états affectifs [7] et d'analyser le regard de l'apprenant [8] pour mieux identifier ses faiblesses et lui offrir une assistance adaptée. Nous avons par conséquent choisi de prendre en compte l'analyse des informations oculométriques (le regard) et les informations physiologiques (la variation du niveau de stress de l'apprenant).

2.1 Le simulateur de l'effet photo-électrique

Les simulateurs sont des outils didactiques puissants dont l'enseignement de la physique a bien tiré profit. La simulation permet la visualisation de phénomènes scientifiques et la construction des modèles scientifiques [9]. Les simulations sont également importantes dans le cas d'expériences de laboratoire qui sont impraticables, coûtent cher ou sont trop dangereuses [10]. Les simulations peuvent contribuer au changement conceptuel [11], fournir des expériences ouvertes aux étudiants [12] et des outils pour des expériences de résolution des problèmes [13].

Pour nos expérimentations, nous avons utilisé le simulateur de l'effet photoélectrique qui fait partie d'une bibliothèque importante de simulateurs d'enseignement de la physique développés dans le cadre du projet PheT¹ [4]. Malgré tous les efforts déployés pour le développement des simulateurs, aucune aide n'a été implémentée pour assister les utilisateurs. Dans son état original, il fonctionnait de façon autonome (stand-alone) et offrait la possibilité d'agir sur les contrôles et variateurs et de visualiser les résultats correspondants. Nous avons eu besoin de savoir ce que l'apprenant était en train de faire : quel contrôle a-t-

il manipulé et quelles sont les nouvelles valeurs des variables affectées. Nous avons pu modifier le code source pour ajouter des fonctions qui saisissent les changements des différentes variables du simulateur (une dizaine) et l'envoi via un flux privé (socket) au poste du tuteur. Ceci nous a permis d'identifier l'état de la simulation en tout instant.

2.2 Description de l'expérimentation

Parmi onze candidats qui se sont portés volontaires, nous en avons retenu six en nous assurant de leur niveau d'expertise initial. Ils étaient tous à leur dernière année du CÉGEP², nous nous sommes assurés qu'ils n'ont pas suivi le cours objet de notre expérimentation et qu'ils ont les prérequis nécessaires pour cet apprentissage.

Nous avons placé l'apprenant et le professeur dans deux salles différentes (Fig. 1). L'apprenant ne voyait pas le professeur, mais pouvait dialoguer avec lui quand il le veut. De l'autre côté, le professeur ne voyait non plus l'apprenant, mais voyait une copie de son écran et pouvait également lui parler en tout moment. Les deux salles étaient reliées par un réseau local qui permettait l'échange et la transmission des données et de la voix. Nous visons l'élaboration d'un agent artificiel pouvant imiter le professeur; dans notre recherche, l'analyse faciale n'est pas prise en compte; nous n'avons donc pas utilisé des caméras pour que le professeur et l'apprenant se voient mutuellement. Nous avons demandé au professeur, qui a contribué à l'élaboration de l'environnement d'apprentissage, de présenter son cours comme s'il était en classe. Nous avons initié l'apprenant à l'utilisation de l'environnement et lui avons demandé de réagir comme s'il suivait le cours en classe.

Dans la salle de l'apprenant, nous avons placé un oculomètre (Tobii X120)³ en dessous de son écran pour le suivi oculaire. Nous avons utilisé le capteur de la conductance de la peau⁴ placé sur deux doigts de l'apprenant pour mesurer la RPG⁵. L'activité électrodermale reflète le niveau d'activation sympathique qui est un indicateur de l'éveil et du stress [14]. Un calibrage de l'oculomètre a été effectué via le logiciel Tobii Studio ainsi qu'un test pour s'assurer de la bonne prise en charge des coordonnées des yeux.

¹ PHeT : 'Physics education technology' est un projet visant la vulgarisation de phénomènes physiques en utilisant des simulateurs interactifs, animés et faciles à utiliser. L'objectif principal est d'aider les apprenants à mieux comprendre des concepts et à faire les connexions entre la réalité et les sciences sous-jacentes. [www.http://phet.colorado.edu](http://phet.colorado.edu)

² CÉGEP : Collège d'enseignement général et professionnel, le niveau en question correspond à la classe de terminal en France.

³ Le matériel provient de la compagnie Tobii Technology, site web : <http://www.tobii.com/>

⁴ L'équipement utilisé provient de la compagnie Thought Technology Ltd, site web: <http://www.thoughttechnology.com>

⁵ La RPG est la réponse psycho-galvanique de la peau ou Galvanic Skin Response (GSR), nous avons utilisé cette mesure de la conductance de la peau comme indicateur du stress.

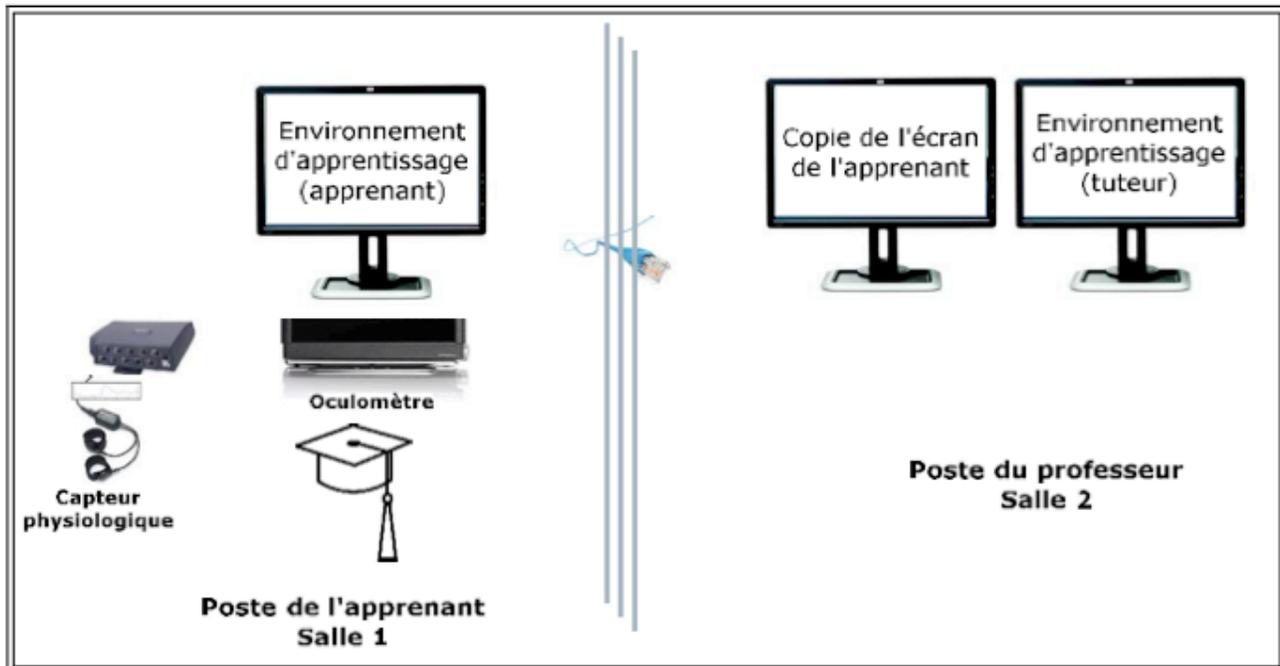


Figure 1 : Description du dispositif expérimental : l'apprenant équipé d'un oculomètre et d'un capteur physiologique est placé dans une salle. Le tuteur regardait les actions de l'apprenant et interagissait avec lui au besoin.

3. Objectifs spécifiques de l'analyse des données

Nous avons observé l'apprenant durant les différentes étapes de sa progression dans son apprentissage. Les variables étudiées sont : le niveau de stress, les durées du regard et le diamètre de la pupille. Nous avons analysé les données dans le but de trouver des corrélations ou des liens de causalité. D'une part, nous avons essayé de dégager des explications de certains comportements de l'apprenant et de les rattacher aux différentes mesures enregistrées. D'autre part, nous avons essayé de comprendre et de justifier les interventions du tuteur en cherchant des indicateurs à partir des données. Pour cela, nous avons fixé les objectifs spécifiques suivants et procédé à une vérification par une analyse statistique.

- *Objectif 1* : Étude du comportement des apprenants lors de la lecture de la théorie : le système propose une série de pages ordonnées. Chaque apprenant lit (regarde) les pages à sa façon et durant la période qu'il désire.
- *Objectif 2* : Étude du comportement des apprenants lors de la résolution des problèmes : chaque apprenant résout les problèmes qui lui sont posés en adoptant ses propres stratégies. Les ressources disponibles lors de la résolution d'un problème sont : le cours théorique, la simulation et l'aide du tuteur.
- *Objectif 3* : Le déclenchement de l'aide : dans cette partie nous essayons de trouver les causes probables des interventions du tuteur humain pour fournir de l'aide d'une façon générale. Nous essayons de lier ces interventions à la variation de la RPG, de la dilatation de la pupille, au temps de lecture ou nombre de tentatives.

- *Objectif 4* : Réaction à l'aide proposée, nous essayons d'analyser le comportement de l'apprenant quand il reçoit de l'aide.

4. Résultats de l'analyse des données

Nous avons essayé d'exprimer et d'interpréter les résultats des analyses statistiques pour les différents objectifs fixés, il en résulte ce qui suit :

- **Objectif 1 :**

Le diamètre de la pupille est positivement corrélé avec le nombre de tentatives et avec le nombre d'aides reçus. Autrement dit, nous pouvons supposer que plus le candidat effectue de tentatives plus le diamètre de sa pupille se dilate. De plus, plus il reçoit d'aide plus le diamètre de sa pupille se dilate. Nous avons également remarqué une corrélation négative entre le niveau de stress et le nombre de tentatives de réponse, ce qui peut signifier que plus le nombre de tentatives augmente, plus le niveau de stress diminue. Ces résultats semblaient en apparence contre-intuitifs, mais nous les avons expliqués par le fait que le nombre de solutions possibles pour chaque problème était de quatre, donc les chances d'aboutir à la bonne solution augmentaient en fonction du nombre de tentatives. Un candidat qui choisissait ses solutions au hasard était sûr de trouver la bonne solution indépendamment du nombre de tentatives. Un dernier constat qui ressort est la corrélation positive entre le nombre d'aides et le nombre de tentatives, ce qui est logique dans la mesure où plus le candidat se trompe plus il va avoir recours à de l'aide afin de trouver la bonne solution. Nous avons supposé que moins le candidat passe de temps à lire la théorie plus la dilatation de sa pupille augmente, plus il fait de tentatives avant de trouver la bonne solution et plus il a recours à l'aide.

- **Objectif 2 :**

a) Nous avons remarqué qu'il existe une corrélation positive entre le temps de lecture de l'énoncé et le nombre de tentatives effectuées (rho de Spearman $\rho=0.225$; $p=0.02$; $N= 84$) : les candidats ayant répondu correctement dès la première tentative ont la moyenne de temps de lecture de l'énoncé la plus faible, cela peut être expliqué par le fait qu'ils étaient confiants d'avoir la bonne solution assez rapidement. Pour ceux qui ont fait deux ou trois tentatives, ils ont passé assez de temps de lecture de l'énoncé, ceci est probablement dû à une prudence plus importante pour réussir le problème. Ceux ayant épuisé le nombre de tentatives n'ont pas eu besoin de relire l'énoncé, car il n'y a plus qu'un choix possible.

b) Les candidats ayant passé le moins de temps à lire les choix de solutions ont répondu correctement du premier coup; nous pouvons supposer qu'ils étaient confiants de leur solution et qu'ils n'ont pas eu besoin de plus de temps pour réfléchir. Ceux qui ont passé trop de temps ne pouvaient pas répondre correctement à la première tentative; nous avons remarqué qu'ils ont passé plus que le double du temps consommé par les répondants dès la première tentative.

c) Le temps de lecture de la théorie a évolué en moyenne de 15% par rapport au temps initial. Les résultats indiquent une corrélation négative statistiquement significative ($\rho=-0.211$; $p=0.027$) entre le temps cumulé passé à lire la théorie et le nombre de tentatives. Autrement dit, plus le candidat a cumulé de temps à lire la théorie, moindre était le nombre de tentatives avant d'obtenir la bonne solution

d) Les candidats ont passé en moyenne plus de temps à lire le choix de la solution qu'ils choisirent. Autrement dit, il semble que les candidats s'attardent plus dans la lecture du choix qu'ils vont retenir, ce qui laisse croire qu'ils prennent un certain temps de réflexion avant de valider leur choix de solution.

- **Objectif 3 :**

a) Nous avons effectué une comparaison de la moyenne entre le niveau de stress dans le groupe de candidats ayant reçu une aide versus ceux ne l'ayant pas reçu. La moyenne normalisée du niveau de stress du groupe ayant reçu une aide est inférieure à celui du groupe n'ayant pas reçu d'aide d'environ 12%, avec des écarts types de 0.154 et de 0.137 respectivement. On note l'existence d'une différence statistiquement significative ($p = 0.009$) des deux moyennes : le niveau de stress ressenti n'est pas le même pour les candidats ayant reçu une aide versus les autres. Il est plus élevé dans le dernier cas. Pour évaluer la force de la relation statistique entre le niveau de stress et l'aide, nous avons calculé l'indice η (η), plus η est grand plus la force de relation est grande. Dans ce cas $\eta = 0.21$, ce qui indique une relation modérée.

b) Le coefficient de corrélation entre le nombre d'aides et le temps passé à lire les choix de solution est égal à 0,377, la valeur p est égale à 0,002. Cela nous conduit à supposer qu'il existe un lien de corrélation statistiquement significatif entre le nombre d'aides reçues et le temps passé à lire les choix de solution. Ce lien est positif, i.e. plus le temps de lecture des choix de solution augmente, plus le nombre d'aides reçues augmente.

c) Les résultats de l'analyse de corrélation démontrent l'existence d'un lien de corrélation statistiquement significatif entre le nombre de tentatives et le nombre d'aides reçues, avec un coefficient de corrélation égal à 0,557 et une valeur p égale à 0. Ainsi, il semble que plus le nombre de tentatives augmente plus le

candidat a recours à l'aide (demandée et fournie spontanément par le professeur).

- **Objectif 4 :**

Nous avons remarqué que l'aide était lue à 94%, ce qui nous a permis de supposer que l'aide proposée par le système est considérée par les apprenants. Le système n'affichait une aide que suite à une solution erronée; donc l'apparition de l'aide signifie l'échec dans la résolution du problème. Le système affiche un message de félicitation dans le cas contraire. Certains candidats semblaient ne pas passer assez de temps à lire cette aide, probablement ils se contentaient d'être informés de leur échec. En effet, nous avons constaté que dans 25% des cas, l'aide était lue durant moins de 3 secondes.

Nous avons récapitulé les résultats obtenus dans la figure 2 (Fig. 2).

À partir des ces résultats, nous avons déduit une dizaine de règles, nous citons par exemple les deux règles suivantes :

Règle 1 :

Si le temps de lecture de la théorie est inférieur à un temps minimal

Alors inciter l'apprenant à passer plus de temps à la lecture de la théorie.

Cette règle permet d'avertir l'apprenant de l'importance de consacrer un temps suffisant à la lecture de la théorie, nous avons constaté que les apprenants ayant passé peu de temps ont eu par la suite des difficultés à résoudre les problèmes.

Règle 2 :

Si le temps de lecture des solutions dépasse un temps minimal

Alors intervenir pour aider l'apprenant

Cette règle permet d'intervenir en fournissant de l'aide dès que l'apprenant dépasse un certain temps de lecture des solutions proposées, nous avons constaté que les apprenants ayant passé trop de temps ont eu par la suite des difficultés à résoudre les problèmes.

5. CONCLUSION

Dans cette recherche, nous avons exploré et analysé certains comportements non verbaux lors d'un apprentissage en ligne dans le but de montrer l'importance des données issues de l'oculomètre et des capteurs physiologiques. Nos analyses nous ont permis de trouver des corrélations que nous pouvons transformer en règles comportementales pouvant être utilisées par un tuteur artificiel pour offrir un soutien plus adapté, limitant ainsi les frustrations de l'étudiant dans des situations difficiles.

C'est dans cette perspective que nous situons ce travail dans un cadre à long terme dont le but est d'améliorer l'utilisabilité des environnements d'apprentissage basé sur la simulation. Nos analyses indiquent que les interactions entre apprenant et machine peuvent être améliorées en tenant compte des informations non verbales.

Nos expérimentations se sont déroulées dans des conditions très proches des conditions naturelles; ni l'apprenant ni le tuteur n'étaient interrompus pour expliquer ou justifier leurs actions. Nous avons bien expliqué qu'il ne s'agissait pas d'une évaluation de compétences, mais d'un test de l'introduction de nouvelles technologies pour favoriser un apprentissage en ligne. Une quantité importante de données a été collectée et sauvegardée

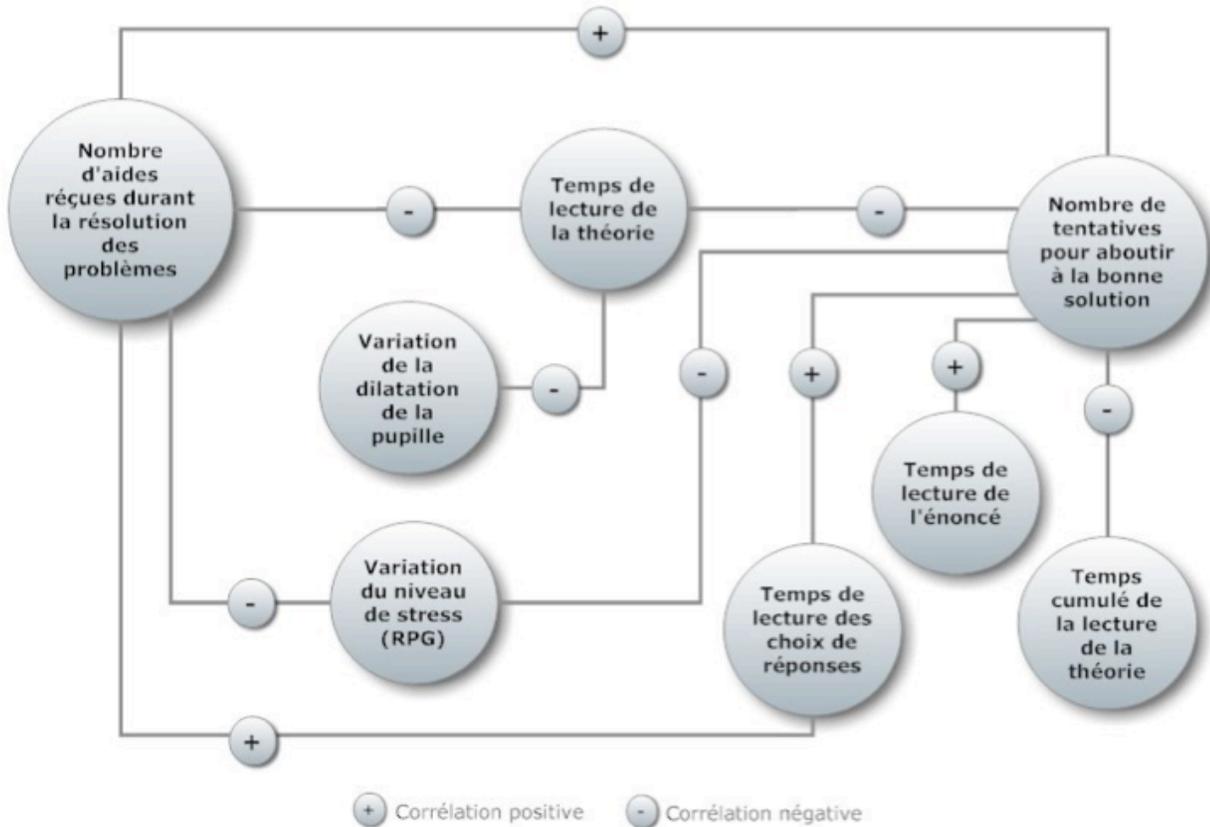


Figure 2 : Récapitulatif des résultats obtenus. Le signe '+' indique l'existence d'une corrélation positive, le signe '-' indique l'existence d'une corrélation négative. Nous n'avons pas représenté les cas d'absence de relations.

dans une base de données que nous avons structurée de façon à pouvoir retracer toutes les interactions de l'apprenant.

Une étape cruciale dans notre recherche était d'organiser les données verbales et non verbales dans une base de données et de les analyser. Les analyses visaient la recherche de corrélations à partir des données. En effet, nous avons procédé à une série d'analyses statistiques aboutissant à la découverte de corrélations que nous avons transformées en règles et utilisées comme base de démarrage d'un agent artificiel.

Dans notre recherche, nous avons relevé plusieurs défis, particulièrement le développement d'un environnement d'apprentissage informatisé intégrant un simulateur externe, la collecte et l'intégration en temps réel des informations verbales et non verbales et l'établissement d'une communication avec un simulateur externe. La finalité de la recherche visait la conception d'un agent tuteur artificiel dont le comportement sera régi par les règles pouvant être extraites des analyses des interactions humain-machine.

Nous avons intégré des données verbales et non verbales issues d'une interaction humain-machine dans une situation d'apprentissage constructiviste. Ceci a permis de mettre l'accent sur l'importance des données non verbales en apprentissage et sur la possibilité de les utiliser dans un environnement d'apprentissage automatisé. Nous avons démontré l'existence et la

pertinence d'autres sources d'informations, comme le suivi du regard et les mesures physiologiques, pouvant être intégrées dans des environnements d'apprentissage afin de favoriser leur utilisabilité. Le domaine de l'intelligence artificielle en éducation peut bénéficier de cette étude pour produire des artefacts plus adaptés pour un support efficace aux usagers.

6. TRAVAUX FUTURS

Les corrélations trouvées permettent d'énoncer des règles qui pourraient être raffinées et augmentées au fil des expérimentations. Le corpus collecté devrait être élargi avec d'autres expérimentations d'une part pour valider les règles extraites et d'autres parts pour établir d'autres hypothèses et les valider. Les travaux effectués au niveau de la collecte des données et de l'adaptation du simulateur de l'effet photoélectrique peuvent s'étendre aux autres simulateurs du projet PHeT et s'intégrer dans cette bibliothèque. Bien que ces règles servent comme initiateur du comportement de l'agent artificiel, il faudrait les tester et valider en définissant son rôle et la manière selon laquelle il va le jouer. La présence du tuteur humain serait nécessaire pour valider et ajuster ses réactions. Les informations non verbales peuvent être mises à la disposition du tuteur humain pour enrichir le modèle de l'usager; il est bien utile de savoir si l'apprenant n'a pas regardé une zone ou qu'il a été stressé dans une certaine situation.

7. REFERENCES

- [1] Shah, F., et al., Classifying student initiatives and tutor responses in human keyboard-to-keyboard tutoring sessions. *Discourse Processes*, 2002. 33(1): p. 23-52.
- [2] VanLehn, K., et al., Why do only some events cause learning during human tutoring? *Cognition and Instruction*, 2003. 21(3): p. 209-249.
- [3] Richmond, V.P., J.C. McCroskey, and M.L. Hickson, *Nonverbal behavior in interpersonal relations*. 6 ed. 2007, Boston, MA: Allyn & Bacon.
- [4] McKagan, S., et al., Developing and researching PhET simulations for teaching quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 2008. 76: p. 406.
- [5] Petri, H.L. and J.M. Govern, *Motivation: Theory, research, and applications*. 1991, Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- [6] Nkambou, R., E. Delozanne, and C. Frasson, Les dimensions émotionnelles de l'interaction dans un EIAH. *Revue des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour la Formation (STICEF)*, 2007. 14.
- [7] Lisetti, C. and F. Nasoz, Using noninvasive wearable computers to recognize human emotions from physiological signals. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 2004. 2004(11): p. 1672-1687.
- [8] Baccino, T., *La lecture électronique. Sciences et technologies de la connaissance*. 2004, Grenoble: Presses universitaires de Grenoble. 253.
- [9] Richoux, B., C. Salvetat, and D. Beaufils, Simulation numérique dans l'enseignement de la physique: enjeux, conditions. *Bulletin de l'Union des physiciens*, 2002. mars(842): p. 497-521.
- [10] Strauss, R. and M. Kinzie, Student achievement & attitudes in a pilot study comparing an interactive videodisc simulation to conventional dissection. *The American Biology Teacher*, 1994. 56(7): p. 398-402.
- [11] Windschitl, M. and T. Andre, Using computer simulations to enhance conceptual change: The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of research in science teaching*, 1998. 35(2): p. 145-160.
- [12] Sadler, P., et al., Visualization and representation of physical systems: Wavemaker as an aid to conceptualizing wave phenomena. *Journal of Science Education and Technology*, 1999. 8(3): p. 197-209.
- [13] Howse, M.A. Student Ecosystems Problem Solving Using Computer Simulation. in 71st Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, CA, April 19-22. 1998.
- [14] Critchley, H., Electrodermal responses: what happens in the brain. *The Neuroscientist*, 2002. 8(2): p. 132

Preliminary Results of a Usability Study in the Domain of Technology-Based Assessment Using a Tangible Tabletop

Eric Ras

Public Research Centre Henri Tudor
av. J. F. Kennedy 29, L-1855 Luxembourg-Kirchberg,
Luxembourg
eric.ras@tudor.lu

Valérie Maquil

Public Research Centre Henri Tudor
av. J. F. Kennedy 29, L-1855 Luxembourg-Kirchberg,
Luxembourg
valerie.maquil@tudor.lu

ABSTRACT

The goal of our research was to investigate whether the usability respectively learnability of a tabletop device is judged significantly higher when a group uses the device compared to individuals. This research work is motivated by the fact, that useful scenarios need to be identified for tangible user interfaces in education and technology-based assessment in particular. The usage scenario was defined in the field of computer-based assessment: The subjects had to assign tangibles to images of planets on a tangible tabletop. Besides counting the time needed to solve the test item and the number of attempts, the activities on the table have been video recorded as well. The usability and learnability were measured by using the System Usability Scale (SUS). The results showed that no differences were found regarding the performance of solving the test item. Furthermore, the individuals even rated the usability significantly higher than the subjects in the collaborative setting. Reasons for this effect need to be investigated by comparing the outcomes of the video analysis with the related answers of SUS.

Keywords

technology-based assessment, tangible tabletop, usability study, SUS

1. INTRODUCTION

Assessments cover a wide range of methods that have been changing dramatically with the increasing use of new technologies. In the past, assessment practices were seen as a means for selecting students at university [1] and for monitoring educational systems (e.g., PISA and PIAAC), or they were used for diagnostic purposes.

Technology-based assessment (TBA) can facilitate learning and instruction in ways that paper and pencil cannot [2]. Technology-based assessment may avoid existing time constraints, ease the comparison of results, reduce measurement errors, etc. [3, 4]. Nevertheless, using a new technology in assessment requires first a deep understanding with regard to the actions the students

perform, the group dynamics in collaborative settings, as well as the required digital literacy to use such a new technology. These aspects may impact the way how the results of a test are obtained (i.e., measured) or they may produce undesired effects (i.e., measurement errors).

During the last years, topics such as measuring solving strategies (i.e., measurement of dynamics in a test) and assessing collaborative problem solving are getting more attention. They require new technologies that support and allow collaborative activities, which can be tracked. A potential solution are tabletop-based tangible interfaces.

Tangible user interfaces (TUIs) are an approach to create new types of interaction combining physical and digital elements as part of a physical space. Exploratory, design-focused studies have suggested that TUIs provide some learning benefits, due to the additional haptic dimension, the better accessibility, and the shared space that can be used in collaborative situations [5].

The aim of this paper is to investigate whether the usability of a tabletop device is judged significantly higher when a group uses a tangible tabletop device compared to individuals using it for the same task. A drag and drop test item was solved by the adult subjects in August 2011. In addition, we were interested in analyzing solving strategies, the types of activities on the table, and the handling of the tangible objects.

The next section provides an overview of usability measurement instruments as well as the use of tangible user interfaces in technology-based assessment. Section 3 depicts the technical setup and describes the study design and related analysis procedures. Section 4 discusses the results of the usability study as well as the outcomes of hypothesis tests. The last section concludes the paper.

2. RELATED WORK

A test consists of several test items. Such an item contains a stimulus, a question, responses, a score schema, and feedback elements [6].

IT does, for example, allow rich new assessment tasks and provides powerful scoring and reporting techniques [7]. It supports the user in assessment resource development, data collection, and presentation of the results. New constructs such as cognitive and behavioral skills can be assessed; dynamics aspects (e.g., time spent to answer a question, number of clicks, choice of learning materials) can be observed and collected effectively in the near future [3].

In literature, we can find a number of TUI example systems, demonstrating learning situations in different kinds of application domains. A common approach is to support planning, problem solving, and simulation through TUIs. For example, the TinkerTable [8] allows construction and simulation of a warehouse to explore and solve logistical problems. This system provided apprentices with the opportunity to apply their acquired knowledge in real use scenarios. Other learning systems implement the concept of digital manipulatives [9], computationally enhanced building blocks, which allow exploration of abstract concepts. This principle is followed by SystemBlocks and FlowBlocks, two physical, modular interactive systems, which children can use to model and simulate dynamic behaviour [10].

Different measurement instruments exist in order to measure usability. The model of *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT) [11], which is a measurement instrument based on the former measurement instrument of the *Technology Acceptance Model* (TAM) [12, 13], is often used. UTAUT contains constructs for measuring performance expectancy, effort expectancy, attitude towards using technology, intention, anxiety, self-efficacy, facilitating conditions, and social influence. Another usability measurement instrument is called *System Usability Scale* (SUS) [14], which consists of a reliable, low cost usability scale. SUS allows comparing the usability between systems. The motivation to use SUS for this research work was to get feedback on the usability of the system fast and to have a reference point in order to compare the usability with future releases and variants of the tangible tabletop. In the initial paper of Brooks, he stated that “SUS yields a single number representing a composite measure of the overall usability of the system being studied. Note that scores for individual items are not meaningful on their own.” Nevertheless, during the last years several studies investigated the factor structure of SUS. Lewis and Sauro [15], for example, revised the results of an analysis of Bangor et al. who stated that there is only one factor [16]. Lewis and Sauro collected 324 completed SUS questionnaires and conducted a factor analysis that converted to a two factor solution: 8 items represent the factor usability and the two remaining items refer to the factor learnability with Cronbachs Alpha coefficients of 0.91 respectively 0.70.

3. CASE STUDY DESIGN AND SETUP

For the experiment, we set up a tangible tabletop system, based on the optical tracking framework “reactivision”. The worktop was sized 95x120cm, with an interactive area of 75x100cm. On the table, we projected an image of the solar system, showing the sun and each of the nine planets. We further created 9 cards, each showing the name of one of the planets. A camera and projector had been placed underneath the table to track the positions of the physical objects and project feedback onto the semi-translucent tabletop surface.

The implemented task was to assign the correct name of a planet to the correct image of a planet (according to QTI standard: associate item). The cognitive nature of the task was on the level of remembering, i.e., locating long-term memory that is consistent with the presented images on the table. Since the focus of the experiment was on usability and not learning, we consider the target group not as essentially important. The subjects were male and female colleagues at our institute with an average age of 30 years. Knowledge about planets was considered to be general

knowledge. Hence, no prerequisites were required to take part in this test.

When a user places a card onto a planet, the user gets an immediate feedback in form of a red (false answer) or green (correct answer) circle that is shown around the planet. During the solving of the task, the system counts the number of attempts (i.e., wrong pairing of a card and a planet’s image was counted as one attempt), and the time needed to solve the task. As soon as all the planets are correctly assigned, the system shows a scoring window that displays the results. A between-subject controlled experiment was conducted with a control group of 11 individuals solving the test items alone as well as 24 subjects divided into 8 groups of equal size (i.e., experimental group). The subjects were randomly selected from the research department and assigned to both groups.

Prior to each test, the users were explained the concept of a TUI and how it detects physical objects. We described their task and which kind of feedback they can expect from the system. They could place themselves around the table as they preferred.

The experimentation was video recorded and at the end we distributed a questionnaire. The questionnaire consists of three questions asking the background knowledge on astronomy and the System Usability Scale (SUS) with ten questions. Further, we took notes on the performance of the group and how the users placed themselves around the table.

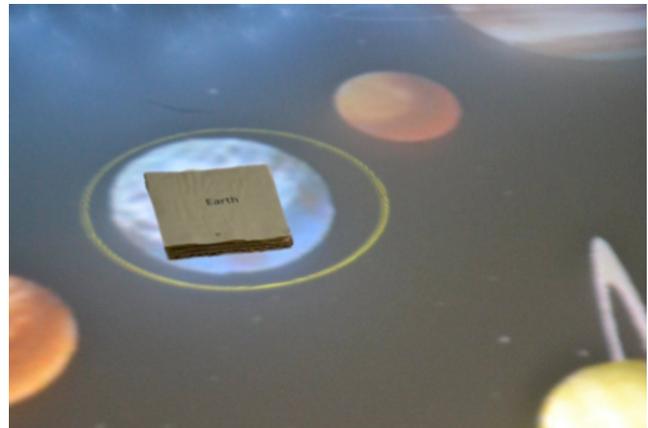


Figure 1: Tangible tabletop device



Figure 2: Mapping the card (tangibles) with the images of the planets

4. DATA ANALYSIS AND RESULTS

4.1 SUS and Hypotheses

SUS was used to measure usability (U) and learnability (L):

- I think that I would like to use this system frequently (U)
- I found the system unnecessarily complex (U)
- I thought the system was easy to use (U)
- I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system (L)
- I found the various functions in this system were well integrated (U)
- I thought there was too much inconsistency in this system (U)
- I would imagine that most people would learn to use this system very quickly (U)
- I found the system very cumbersome to use (U)
- I felt very confident using the system (U)
- I needed to learn a lot of things before I could get going with this system (L)

Each item has a 5-point Likert scale (i.e., “1” corresponds to “strongly disagree”, ..., “5” corresponds to “strongly agree”; range of a item = [1,5]). According to Brooke each item contributes to the SUS scale with a range from 0 to 4 [14]. For positively-worded items (1, 3, 5, 7 and 9), the score contribution is the scale position minus 1. For negatively-worded items (2, 4, 6, 8 and 10), it is 5 minus the scale position. To get the overall SUS score, the sum of the item score contributions were multiplied by 2.5. Thus, SUS scores range from 0 to 100 in 2.5-point increments.

Regarding usability and learnability, we followed the suggestions of Lewis and Sauro [15], and calculate usability (sum of the items 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, and 9) and learnability (sum of the items 4 and 10) in addition to the total score of SUS. To make the usability and learnability scores comparable with the overall SUS value (ranging from 0 to 100), the summed score was multiplied by 3.125 and 12.5, respectively.

Besides providing the results of the descriptive statistics, the following hypotheses were tested:

H1.1. “Usability” – The average usability u of the experimental group (collaborative problem solving) is higher than the average usability u of the control group (individual problem solving).

$$\mu(u_{coll}) > \mu(u_{ind}) \quad \text{where } \mu(.) = \text{mean}$$

H0.2 $\mu(u_{coll}) \leq \mu(u_{ind})$

H1.2. “Learnability” – The average learnability l of the experimental group (collaborative problem solving) is higher than the average learnability l of the control group (individual problem solving).

$$\mu(l_{coll}) > \mu(l_{ind}) \quad \text{where } \mu(.) = \text{mean}$$

H0.2 $\mu(l_{coll}) \leq \mu(l_{ind})$

A one-sided independent samples t-test was applied. A significance level of $\alpha = 0.05$ (error type I) was chosen.

4.2 Results

After data collection no missing values were encountered. One data set of the individual group was detected as complete outlier and hence omitted from analysis – the subject had difficulties to understand the questionnaire. The following two tables depict the results for the individuals solving the task alone as well as the individuals who solved the task in a group of three. A Shapiro-Wilk test revealed that the data distribution were not significantly different from a normal distribution, with two exceptions: attempts (individual with $P=0.86$) and the SUS total (group with $P=0.07$). Therefore, non-parametric tests were conducted for the hypothesis tests.

Both tables show only minor differences regarding the usability and learnability. Nevertheless, the control group ($M = 90.0$, $SD = 5.40$) rated the SUS total score about 10% higher than the control group ($M = 81.7$, $SD = 7.47$). Usability as defined by Lewis and Sauro was also rated 10% higher by the control group ($M = 88.4$, $SD = 6.43$) compared to the experimental group ($M = 78.9.7$, $SD = 8.05$). Learnability was only rated 5% higher.

The previous two tables show the performance of the two groups in terms of time needed and the attempts (wrong pairing of cards and planet’s images). The interesting outcome is that the results only differ on a very small scale.

The following table summarizes the results of the hypothesis tests. The independent samples t-test revealed a significant difference in the usability between the experimental group and the control group, $t(32) = -3.32$, $p = .002$, however, not in the direction we expected: The control group (individual setting) has judged usability higher than the experimental group (collaborative setting). The same counts for the SUS total score. No significant difference has been found for learnability.

5. DISCUSSION AND CONCLUSION

An interesting outcome was that the performance on solving the test items was almost the same; only the group setting needed a slightly lower number of attempts. This was probably due to the fact that almost every group was discussing before they dropped the cards on the table. The unexpected result of having a lower usability judgment of the group compared to the individuals needs to be investigated in more detail. The statistical dispersion of the group setting regarding usability was higher, so it makes sense to investigate the more extreme usability ratings and the reasons for this by analyzing the video data. First comments were given by the subjects immediately after the experiment, which were related to the table itself such as different illumination of the table depending on the position around the table; the height of the table was problematic for smaller persons; some other complained about single incorrect detections of the markers (remark: the number of attempts has been corrected accordingly).

Future work will first concentrate on a deep analysis of the video data: a) How do the characteristics of the physical objects (e.g., table, tangibles) and the spaces (e.g., the table surface itself, above the table surface, between the individuals) support problem solving for both individual and collaborative settings; b) What is the effect of a tangible tabletop on the solving strategies and what are common solving strategies on a tangible table top? Second,

Table 1. Results of SUS usability test (*individual* setting – control group)

	N	Min.	Max	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
SUS total score	10	83.0	100	90.0	5.40	.579	1.33
Usability score (Item 1,2,3,5,6,7,8,9)	10	81.2	100	88.4	6.43	.549	1.33
Learnability score (Item 4, 10)	10	87.5	100	96.2	6.04	-1.03	1.33

Table 2. Results of SUS usability test (*group* setting – experimental group)

	N	Min.	Max	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
SUS total score	24	70.0	93	81.7	7.47	-.170	-1.32
Usability score (Item 1,2,3,5,6,7,8,9)	24	65.6	90.6	78.9	8.05	-.002	-1.40
Learnability score (Item 4, 10)	24	75.0	100	92.7	8.96	-.839	-.485

Table 3. Results regarding test performance (*individual* setting – control group)

	N	Min.	Max	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
Time needed (sec)	10	41	152	79.8	29.6	1.57	4.18
Attempts	10	0	15	6.50	4.79	.334	-.486

Table 4. Results regarding test performance (*group* setting – experimental group)

	N	Min.	Max	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
Time needed (sec)	24	21	155	79.7	42.1	.506	-.737
Attempts	24	0	13	5.88	4.96	.053	-1.62

Table 5. One-tailed independent sample t-test

	t	df	p-value	Mean Difference	Std. Error Differenc e	95% Confidence Interval of the Difference	
						Upper	Lower
SUS total score *	-	-	.008	-	-	-	-
Usability **	-3.32	32	.002	-9.53	2.87	-15.3	-3.68
Learnability **	-1.14	32	.262	-3.54	3.10	-9.86	2.78

* non-parametric test; ** parametric test

another interesting issue is to investigate whether the type and timing of feedback impacts collaborative problem solving. How is feedback given by humans perceived and used compared to feedback given by the system? Do time and type of feedback have an impact on the solving performance?

SUS does not cover usability from a group perspective and the question can be posed whether the validity of such instruments is given to measure usability in a collaborative setting. Future work should address this issue by extending or adapting existing measurement instruments.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This evaluation could not have been done without the help of Ourda Atlaoui who was strongly involved in the development of the tangible UI.

7. REFERENCES

- [1] Gipps, C.: Socio-cultural aspects of assessment. *Review of Educational Research* 24 (1999) 355-392
- [2] Bennett, R.E.: Inexorable and inevitable: The continuing story of technology and assessment. *Technology, Learning, and Assessment* 1 (2002)
- [3] Csapó, B., Ainley, J., Bennett, R., Latour, T., Law, N.: Technological issues for computer- based assessment of the 21st century skills. Draft White Paper 3. The University of Melbourne, CISCO, INTEL, MICROSOFT, Melbourne (2010)
- [4] Grundwald Associates LLC Report: An open source platform for internet-based assessment. Grunwald Associates LLC, Bethesda, MD (2010)
- [5] Marshall, P.: Do tangible interfaces enhance learning? : 1st international conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI 2007). ACM, Baton Rouge, LA, USA (2007) 163
- [6] Sclater, N.: Conceptualising item banks (2. Chapter). In: Sclater, N. (ed.): *Item Banks Infrastructure Study (IBIS)*. HEFCE (2004)
- [7] Scalise, K., Gifford, B.: Computer-based assessment in E-learning: A framework for constructing "intermediate constraint" questions and tasks for technology platforms. *Journal of Technology, Learning, and Assessment* 4 (2006), 3-44
- [8] Zufferey, G., Jermann, P., Lucchi, A., Dillenbourg, P.: TinkerSheets: using paper forms to control and visualize tangible simulations. *Third International Conference on Embedded and Tangible Interaction (TEI 2009)*, Cambridge, UK (2009), 377-384
- [9] Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., Silvermann, B.: Digital manipulatives: new toys to think with. *Computer Human Interaction (CHI 1998)*. ACM, Los Angeles, CA USA (1998), 281-287
- [10] Zuckerman, O., Resnick, M., Saeed, A.: Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. *Computer-Human Interaction 2005 (CHI 2005)*, Portland, Oregon, USA (2005)
- [11] Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., Davis, F.D.: User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly* 27 (2003), 425-478
- [12] Davis, F.D.: A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and Results (PhD Thesis). Sloan School of Management, Vol. PhD. Massachusetts Institute of Technology (1986)
- [13] Davis, F.D.: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly* 13 (1989), 319-339
- [14] Brooke, J.: SUS - A Quick and Dirty Usability Scale. In: Jordan, P.W., Thomas, B., Weerdmeester, B.A., McClelland, I.L. (eds.): *Usability Evaluation in Industry*. Taylor & Francis, London (1996)
- [15] Lewis, J.R., Sauro, J.: The Factor Structure of the System Usability Scale. In: Kurosu, M. (ed.): *Human Centered Design, Proceedings*, Vol. 5619 (2009), 94-103
- [16] Bangor, A., Kortum, P.T., Miller, J.T.: An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction* 24 (2008), 574-594

Usability in adaptive educational systems

Olga C. Santos

aDeNu Research Group.
Artificial Intelligence Department. UNED.
Calle Juan del Rosal, 16. Madrid 28040. Spain

ocsantos@dia.uned.es

Jesus G. Boticario

aDeNu Research Group.
Artificial Intelligence Department. UNED.
Calle Juan del Rosal, 16. Madrid 28040. Spain

jgb@dia.uned.es

ABSTRACT

In this paper we discuss usability issues to be covered when designing the behaviour of adaptive educational systems and focus on the usability issues we have addressed to support the adaptive e-learning life cycle.

Keywords

Usability, Evaluations, User centred design, Educational recommender systems, E-learning life cycle, Adaptive educational systems.

1. INTRODUCTION

Following universal usability principles, web-based products and services should be usable by a wide diversity of users in a wide range of contexts of use [1]. In this paper, we focus on adaptive educational systems, which include various adaptation processes, such as adaptive navigation support [2]. Adaptation can be seen as user-centred techniques for approaching some of the usability problems (such as homogeneous content and navigation scheme for all students, without focusing on the most adequate for each student) found in conventional non-adaptive web-based educational systems [3]. The International Standardisation Organisation (ISO) defines usability as “the efficacy, efficiency and satisfaction by which a product allows specific users to fulfil specific goals in a specific context of use” [4]. This objective can hardly be achieved if the user is not taken into account from the design of the system to its evaluation. Thus, understanding the users’ needs is required in order to define the adaptive support. Unfortunately, current practice shows that when developing adaptive learning systems users are generally consulted (if at all) towards the end of the development cycle [5].

Once adaptations have been designed and implemented, their impact on the users has to be evaluated with empirical evaluations [6]. Adaptive educational systems are usually offered through e-learning scenarios. Measuring usability in e-learning is challenging [7], not trivial [8] and can move usability practitioners outside their comfort zone [9] as usability and learning issues should be jointly considered [10]. However, there are even more challenges when adaptation features are to be considered. In particular, each user experiences a personalized version of the system, while most evaluation methods assume that the system output is the same for each user in every context [11]. As this is

not the case, the evaluation procedure should take into account the adaptation mechanism. For this, the layered evaluation approach has been proposed to decompose and evaluate adaptation in a piece-wise manner using different evaluation methods, including methods from the usability practice (e.g. focus group, heuristics, user as wizard, cognitive walkthrough etc.) [12]. Nevertheless, while usability engineering for the design and the evaluation of adaptive web-based systems has been proposed in the past [13], it is still hardly applied in the formative evaluation adaptive educational systems [14].

In this section we have introduced the relevance of considering usability principles when designing and evaluating adaptive educational systems (i.e. identifying adaptation needs and evaluating the adaptation effect). Next, we comment on the usability issued behind providing adaptation support along the e-learning life cycle. The papers ends with a brief discussion.

2. USABILITY ISSUES TO SUPPORT THE ADAPTIVE E-LEARNING LIFE CYCLE

The adaptive e-learning life cycle covers

- i) designing in advance different learning paths for different situations and user profiles (design phase),
- ii) administrating the environment to consider additional adaptation features (administration phase),
- iii) dynamically support users during their interaction with the learning contents and services platform in a personalized way through educational oriented recommendations (use phase) and
- iv) feeding the course author back on the learners’ experiences to improve forthcoming runs (feedback phase) [15].

From the results of a comparison study on the usability of some of the major open source learning management systems (i.e. Moodle, dotLRN and Sakai) [16], we have added an additional phase to the adaptive e-learning life cycle aimed to evaluate the usability issues of the e-learning platform in use and provide the corrective actions if needed [17]. This phase is to be run every time a new version of the platform is upgraded, or a new platform is installed. Moreover, we have also suggested some additional actions focused on usability issues in the other four phases, as follows:

- *design phase*: when designing in advance the learning experience in a personalized way, usability requirements through elicitation methods -such as interviews, surveys, focus groups or scenarios of use- need to be gathered and a quality evaluation on usability issues for the course design should be performed.

- *administration phase*: usability expert reviews (if possible, external audits) are to be performed to detect problems when the course is imported in the e-learning
- *use phase*: it supports the actual interactions of users (educators and learners) with the contents and services available in a personalized way. Empirical testing or user-based methods (e.g. direct observation using the thinking aloud and contextual inquiry techniques) and task-based scenarios can be applied to track the users' behaviour and learn about the users' interactions. Communication channels to users can also be provided to allow them report failures or suggest improvements.
- *feedback phase*: results from experts, users' evaluations and automatic processing of interactions are to be analyzed and translated into i) technical requirements for the next release of the e-learning platform and ii) guidelines enriching the adaptive support provided in the instructional design.

In this context, we have researched the integration of recommender systems into learning management systems to enrich their adaptive capabilities with adaptive navigation support. The state of the art in recommender systems applied to education shows that users are hardly involved in the design of the system nor considered in the evaluation process [18]. From the adaptive e-learning life cycle point of view, they focus on the use phase, and do not take into account the interrelations with the other phases.

In order to design the recommendations along the adaptive e-learning life cycle with the involvement of the users, we have proposed the TORMES methodology [19], which is based on the ISO standard 9241-210 [20]). TORMES supports the design of educationally oriented recommendations by involving educators in the process through user centred design methods (e.g. interviews, scenarios of use, focus groups, card sorting, etc.) complemented with data mining. As a result, the educators' design work with human computer interaction techniques can be tuned by analyzing previous interactions in the learning environment. The application of TORMES shows that the recommendations produced suggest to the learners relevant actions to carry out while they are involved in the learning process [19]. This approach goes beyond traditional ones focused on recommending learning objects [18] and relies on the qualitative information provided by the educator when following TORMES methodology.

3. DISCUSSION

In order to consider the adaptation opportunities in e-learning scenarios, usability methods to involve the educator in the elicitation and evaluation process must be carried out at different steps of the cycle but considered as a continuous process. As there are many usability methods [21], the usability challenge here is to select the appropriate ones to facilitate the identification of.

When providing some specific adaptive support such as recommendations on action in the e-learning platform (i.e. adaptive navigation support), the involvement of the educator in the recommendations elicitation process by applying usability methods has shown to be essential to understand the learners' needs and produce educational oriented recommendations [19].

platform, specially regarding the adaptive paths of the instructional design. Methods include heuristic evaluation and cognitive walk-through.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This work is framed in the context of the projects carried out by the aDeNu group. In particular, EU4ALL (IST-2006-034478) and A2UN@ (TIN2008-06862-C04-01/TSI).

5. REFERENCES

- [1] Shneiderman, B. Universal usability. *Communications of the ACM* 43(5), p. 84-91, 2000.
- [2] Brusilovsky, P. Adaptive Educational Systems on the World-Wide-Web: A Review of Available Technologies. *Proceedings of the Workshop "WWW-Based Tutoring" at the 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'98)*, 1998.
- [3] Gasparini, I., Pimenta, M.S., Palazzo, J., Karczinski, A. Usability in an Adaptive e-Learning Environment: Lessons from AdaptWeb. *IEEE Learning Technology Newsletter* Volume 12, Issue 2 (April, 2010), p. 13-15, 2010.
- [4] ISO. ISO/IEC 9241-11: Ergonomics of Human System Interaction – Guidance on Usability. *International Standard Organisations*, 1998.
- [5] Harrigan, M., Kravcik, M., Steiner, C., and Wade, V., What Do Academic Users Really Want from an Adaptive Learning System?, *The 17th International Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization (Trento, Italy)*, 2009, p. 455-460, 2009.
- [6] Chin, D.N. Empirical Evaluation of User Models and User-Adapted Systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11: 181-194, 2001.
- [7] Feldstein, M. What is "usable" e-learning? *eLearn Magazine*. Volume 2002 Issue 9, September 2002.
- [8] Zacharias, P. and Poulymenakou, A. Developing a usability evaluation method for e-learning applications: Beyond functional usability. In *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(1):75-98, 2009.
- [9] Notess, M. Usability, user experience, and learner experience. *eLearn magazine*. Volume 2001 Issue 8, August 2001.
- [10] Squires, D., & Preece, J. Predicting quality in educational software: Evaluating for learning, usability and the synergy between them. *Interacting with Computers*, 11(5), 467-483, 1999.
- [11] van Velsen, L., van der Geest, T., Klaassen, R. and Stehouder, M. User-centered evaluation of adaptive and adaptable systems: a literature review. *The Knowledge Engineering Review* Vol. 23-3, p. 261-281, 2008.
- [12] Paramythis, A., Weibelzahl, S. and Masthoff, J. Layered evaluation of interactive adaptive systems: framework and formative methods. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol 20, 383-453, 2010.
- [13] Gena, C. and Weibelzahl, S. Usability Engineering for the AdaptiveWeb. In Brusilovsky, P., Kobsa, A. and Nejd, W. (Eds.): *The Adaptive Web*, LNCS 4321, pp. 720-762, 2007.

- [14] Biswas, G.; Bull, S.; Kay, J.; Mitrovic, A. (Eds.) Artificial Intelligence in Education. Artificial Intelligence in Education, AIED 2011 LNCS 6738, 2011.
- [15] Van Rosmalen, P., Boticario, J.G. and Santos, O.C. The Full Life Cycle of Adaptation in aLFanet eLearning Environment. Learning Technology newsletter. Vol. 4, p. 59-61, 2004.
- [16] Martin, L., Roldán Martínez, D., Revilla, O., Aguilar, M.J., Santos, O.C., Boticario, J.G.
- [17] Martin, L., Gutiérrez y Restrepo, E., Barrera, C., Rodríguez Ascaso, A., Santos, O.C., Boticario, J.G. Usability and Accessibility Evaluations along the eLearning Cycle. In Mathias Weske Mohand-Saïd Hacid and Claude Godart (Eds.), Web Information Systems Engineering (WISE 2007). Lecture Notes in Computer Science, 4832. p. 453- 458, 2007.
- [18] Manouselis, N., Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H. and Koper, R. Recommender Systems in Technology Enhanced Learning. In Kantor P., Ricci F., Rokach L., Shapira, B. (Eds.), Recommender Systems Handbook, 2010.
- [19] Santos, O.C., Boticario, J.G. Requirements for Semantic Educational Recommender Systems in Formal E-Learning Scenarios. Algorithms 4, 131-154, 2011.
- [20] ISO Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems. ISO 9241-210, 2010.
- [21] Bevan, N. UsabilityNet Methods for user centered design. In: Jacko, J. and Stephanidis, C. eds. Human-Computer Interaction: Theory and Practice (Part 1), Volume 1. Heraklion, Crete: Lawrence Erlbaum. 434-438, 2003.