



Actes des Rencontres Doctorales de la 28ième conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine

Michel Beaudouin-Lafon, Jean Vanderdonckt

► To cite this version:

Michel Beaudouin-Lafon, Jean Vanderdonckt. Actes des Rencontres Doctorales de la 28ième conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine. Michel Beaudouin-Lafon; Jean Vanderdonckt. IHM 2016 - 28ième conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Oct 2016, Fribourg, Suisse. 2017, Actes des Rencontres Doctorales de la 28ième conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine. hal-01522376

HAL Id: hal-01522376

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01522376>

Submitted on 14 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ihm16
**FRIBOURG
SUISSE**

25 octobre 2016

Fribourg, Suisse

**Actes des Rencontres Doctorales de
la 28^{ième} conférence francophone
sur l'Interaction Homme-Machine**

Michel Beaudouin-Lafon, Jean Vanderdonckt (Eds.)

Université Paris-Sud, Orsay, France - Université catholique de Louvain,
Louvain-la-Neuve, Belgique



Association Francophone d'Interaction Homme-Machine

La Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM) est organisée annuellement par l'AFIHM, l'Association Francophone d'Interaction Homme-Machine.

L'AFIHM a pour but principal de promouvoir le savoir et les connaissances du domaine de l'Interaction Homme-Machine et des divers domaines concourant au savoir et aux connaissances facilitant la conception, la réalisation et l'évaluation des systèmes interactifs actuels ou futurs.

L'AFIHM offre aux chercheurs et praticiens de l'IHM un lieu d'échange et de savoir sur leur domaine professionnel via :

- l'organisation et le soutien de manifestations scientifiques : conférence IHM et autres conférences francophones, forums thématiques, groupes de travail, écoles d'été et rencontres jeunes chercheurs; ☐
- la publication du Journal d'Interaction Personne-Système et l'édition des actes de conférences; ☐
- des liens et des collaborations avec diverses organisations françaises et internationales.

AFIHM

Laboratoire LIG

Équipe IHM

BP 53

38041 Grenoble Cedex 9

France

Contact : secretaire@afihm.org

Site Web : <http://www.afihm.org/>

Numéro de Siret : 410 093 892 00017

Éditions précédentes d'IHM

- 27 IHM 2015, Conférence, Toulouse, France
- 26 IHM 2014, Conférence, Villeneuve d'Ascq, France
- 25 IHM 2013, Conférence, Bordeaux, France
- 24 Ergo'IHM 2012, Conférence IHM/ERGO-IA, Biarritz, France
- 23 IHM 2011, Conférence, Sophia Antipolis, France
- 22 IHM 2010, Conférence, Luxembourg
- 21 IHM 2009, Conférence, Grenoble, France
- 20 IHM 2008, Conférence, Metz, France
- 19 IHM 2007, Conférence, Paris, France
- 18 IHM 2006, Conférence, Montréal, Québec, Canada
- 17 IHM 2005, Conférence, Toulouse, France
- 16 IHM 2004, Conférence, Namur, Belgique
- 15 IHM 2003, Conférence, Caen, France
- 14 IHM 2002, Conférence, Poitiers, France
- 13 IHM-HCI 2001, Conférence conjointe AFIHM / British HCI Group, Lille, France
- 12 Ergo-IHM 2000, Conférence IHM/ERGO-IA, Biarritz, France
- 11 IHM'99, Conférence, Montpellier, France
- 10 IHM'98, Ateliers, Nantes, France
- 9 IHM'97, Conférence, Poitiers, France
- 8 IHM'96, Ateliers, Grenoble, France
- 7 IHM'95, Conférence, Toulouse, France
- 6 IHM'94, Ateliers, Lille, France
- 5 IHM'93, Ateliers, Paris, France
- 4 IHM'92, Ateliers, Lyon, France
- 3 IHM'91, Ateliers, Dourdan, France
- 2 IHM'90, Conférence couplée avec ERGO-IA, Biarritz, France
- 1 IHM'89, Conférence, Sophia Antipolis, France

Avant propos des présidents

Pour sa 28ème édition, la conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM) vient en Suisse pour la première fois, à Fribourg. Cette édition marque aussi un événement important de l'AFIHM : ses vingt ans ! La conférence, se tenant du 25 au 28 octobre 2016, est présidée par Denis Lalanne (Human-IST, Université de Fribourg) et Laurence Nigay (Université Grenoble Alpes). IHM 2016 est un lieu d'échanges entre les différents acteurs de la recherche en Interaction Homme-Machine. Nos ambitions avec cette édition d'IHM étaient :

- D'encourager la participation de jeunes chercheurs
- D'augmenter les liens entre laboratoires et entreprises, notamment locales, autour des problématiques d'IHM
- De favoriser la pluridisciplinarité (informatique, psychologie, sociologie)
- De promouvoir le domaine de l'Interaction Homme-Machine en Suisse et de tisser un lien fort avec le reste de la communauté en Interaction Homme-Machine
- De fêter les vingt ans de l'AFIHM

Parmi les 33 articles scientifiques soumis cette année, 21 articles ont été acceptés. Nous remercions vivement les membres du comité de programme et tous les relecteurs pour leur investissement scientifique, qui a en particulier permis d'améliorer plusieurs articles acceptés conditionnellement. Les 21 articles seront présentés dans 7 sessions : Interaction tactile, Ingénierie de l'IHM, Interfaces tangibles et déformables, Visualisation de l'information, Interfaces graphiques et collaboratives, Education, Contextes et domaines applicatifs. IHM 2016 c'est aussi 14 Travaux en Cours, 18 démonstrations, 10 papiers aux rencontres doctorales et 5 papiers ALT.

Nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui se sont impliquées dans l'organisation de la conférence IHM16 : l'investissement scientifique remarquable de tous les membres du comité de programme et l'engagement sans relâche au niveau logistique et financier des membres du comité d'organisation de l'Université de Fribourg, de la HES-SO Fribourg et de la HES-SO Valais. Un remerciement particulier à l'éditeur des actes Himanshu Verma, et au web master Pierre Vanhulst.

Nous remercions enfin tous les auteurs, les trois conférenciers invités, Joëlle Coutaz, Thomas Baudel et Yvonne Rogers et tous les participants qui fête aussi les vingt ans de l'AFIHM !

Denis Lalanne et Laurence Nigay

Présidents de la Conférence

Avec le soutien de...



UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG



• • • •



Table des matières

Génération de récits d'activité à partir de données ambiantes	1
Belén Alejandra BAEZ MIRANDA, Université Grenoble Alpes, LIG, France	
Comprendre et Concevoir les Animations dans le Contexte des Interfaces Graphiques	5
Amira CHALBI, Inria Lille-Nord Europe, France (Prix Springer de la Rencontre Doctorale)	
Interfaces Tangibles comme Aide à la Maîtrise de l'Énergie	9
Maxime DANIEL, Université de Bordeaux, ESTIA, France	
Identification et représentation des erreurs humaines dans les modèles de tâches	14
Racim FAHSSI, Université Paul Sabatier, IRIT, France	
Interaction au regard pour l'activation de commandes dans les menus	19
Romain GROSSE, Université de Technologie de Compiègne/Safran, France	
Acceptabilité de la réalité augmentée : cas d'étude chez les enseignants en chimie	24
Julie HENRY, Université de Namur, Belgique	
Multiple Visual Mapping for Visualization of Large Time-Series	29
Ali JABBARI, Université Grenoble Alpes, LIG, France	
Interactive Transitions for Map Applications	33
María-Jesús LOBO, INRIA, Univ Paris-Sud & CNRS, Univ Paris-Saclay, France	
Collaboration around Wall-Displays in Command and Control contexts	37
Arnaud PROUZEAU, INRIA, Univ Paris-Sud & CNRS, Univ Paris-Saclay, France	
Collaboration within the surgical suite: BoardProbe design For and With the Surgical Team	40
Juliette RAMBOURG, Houston Methodist Hospital/Université de Toulouse/ENAC, USA/France	

Génération de récits d'activité à partir de données ambiantes

Belén Alejandra Baez Miranda

Université Grenoble Alpes, LIG

F-38000, Grenoble, France

belen-alejandra.baez-miranda@imag.fr

RÉSUMÉ

Le texte est un mode connu et très répandu pour partager et échanger autour d'expérience. Les scénarios en sont un exemple d'utilisation en conception d'IHM. La difficulté est alors de les créer. Nous proposons une approche de génération de récits à partir de données ambiantes qui peuvent être collectées par l'usage de systèmes informatiques pendant la réalisation de l'activité par les acteurs.

Mots Clés

Scénarios ; Modélisation de l'activité ; Informatique ambiante ; Génération automatique de texte

ABSTRACT

Text is a well known and very widely used modality to share and exchange information surrounding experiences. Scenarios are a common example of the use of text in HCI. However, generating them is hard. We propose an approach for the generation of stories from ambient data that may be collected through the use of computer systems while the story's activities are being performed by the actors.

Author Keywords

Scenarios ; Activity modeling; Ambient technology; Natural language generation

ACM Classification Keywords

H.5.2 User Interfaces: Natural language
H.1.2 User/Machine Systems Human Factors
D.2.1 Requirements/Specifications Tools

INTRODUCTION

Concevoir des systèmes interactifs adaptés aux utilisateurs, à l'environnement d'utilisation et à l'activité pour laquelle ils sont utilisés, nécessite de savoir comment l'activité se déroule. Une pratique couramment suivie est la modélisation de l'activité (sous forme de scénarios ou de diagrammes) à partir d'observations du terrain et d'entretiens auprès des experts de domaine qui relatent leurs activités. Plusieurs itérations pouvant être utiles pour aboutir à des descriptions complets et cohérentes, il peut être nécessaire de les présenter aux experts du domaine. Le temps pour la récolte et la modélisation de l'activité est, par conséquent, important. De plus, ce mécanisme s'appuie sur une part importante d'informations non objectives issues de ce que les experts du domaine disent faire

et non sur ce qu'ils font réellement. Grâce aux nouvelles technologies, la production de données objectives faites par les utilisateurs augmente chaque jour. Ces données contiennent des informations importantes concernant les activités qu'ils font lors d'interactions avec des dispositifs électroniques. Les données objectives aident à mesurer l'activité mais il est plus difficile d'en extraire des informations sur comment la personne l'a vécu. Dans ce cadre, la thèse propose de générer un récit d'activité textuel comme moyen de transmission des données issues de dispositifs électroniques (nommées données capteur par la suite).

PROBLÉMATIQUE : DES DONNÉES CAPTEURS AU RÉCIT D'ACTIVITÉ

L'objectif de la thèse est de développer une nouvelle technologie pour transformer automatiquement des informations personnelles issues de capteurs sous forme de récit d'activité en mettant en place un mécanisme d'abstraction. La montée en abstraction soulève différents verrous scientifiques qui sont traités dans les travaux de thèse. On distingue trois niveaux : obtention de la séquence de l'activité ; transformation de la séquence vers le plan du récit et génération de textes.

Les verrous scientifiques

Des données aux événements. Utiliser des données réelles issues de capteurs implique de travailler avec des données qui sont incertaines et qui peuvent être incomplètes. Lors du passage des données capteurs aux événements, cette caractéristique doit être prise en compte par le mécanisme d'abstraction. Celui-ci regroupe les données afin de leur donner un sens. Il faut détecter les changements significatifs pour le déroulement du récit et les définir comme des événements. Les événements sont définis lors de la segmentation comme étant des changements d'états des éléments de l'ontologie.

Des événements au plan du récit . Lors du passage d'une séquence d'événements à un plan du récit, le principal verrou est comment organiser les informations pour qu'elles soient cohérentes vis à vis de l'activité et qu'elles aient un sens pour le lecteur (relations causales entre les faits rapportés). La vérification de la cohérence est réalisée vis à vis d'un modèle d'activité (lié au domaine) que nous avons exprimé sous la forme d'un modèle de tâches [7]. Une fois les événements temporellement organisés, ils sont liés à une ontologie pour compléter leur description par les connaissances du domaine.

De plan de récit vers le texte. Pour partager une activité humaine sous forme de récit, il ne suffit pas de présenter uniquement la séquence d'évènements ordonnés les uns après les autres. Le choix de ces éléments dépend de l'intentionnalité de communication, et du type d'auditoire à qui le récit est destiné. Donc, une même séquence d'évènements peut être exprimée différemment selon l'acte communicationnel à transmettre (avertir, amuser, etc.) et selon l'auditoire concerné (des connaisseurs de l'activité, des personnes non familiarisés avec le domaine, etc.). Le passage du plan du récit au texte implique de proposer des mécanismes qui permettent de transformer les données numériques en un texte capable de transmettre les informations en fonction d'une intentionnalité particulière et d'un auditoire visé, aspects non encore développés par les systèmes actuels de génération de texte à partir de données non textuelles (Data-to-text systems [16]).

Évaluation de l'approche. En plus de ces verrous, vu qu'il s'agit d'une méthodologie de génération complètement nouvelle et donc qu'il n'existe pas de méthodologies d'évaluation pour valider les étapes et les résultats, le dernier verrou identifié est le développement de stratégies d'évaluation appropriées pour ce projet.

MÉTHODOLOGIE DE THÈSE

Les textes produits se veulent les plus proches possibles du type de texte que des auteurs humains produisent. Dans cet objectif, la méthodologie suivie repose, en plus des études bibliographiques et techniques, sur des analyses de textes réels. Nous avons donc défini en amont de nos travaux de thèse, un domaine d'application et constitué des corpus de récits. Le domaine choisi est celui du ski de randonnée. Une fois faite la sortie, les skieurs partagent leurs expériences sous forme de récits sur des sites spécialisés. Une fois le corpus de référence constitué, nous avons défini par une étude de l'état de l'art ; le récit d'activité. La partie la plus importante de la thèse concerne la définition de l'approche de génération, c'est à dire la définition des étapes de la génération, des modèles (dépendants ou non du domaine) utiles à chaque étape et des transformations qui permettent le passage d'une étape à l'autre. Les modèles et transformations doivent répondre aux verrous identifiés précédemment. En parallèle de la définition théorique, une réalisation à partir de données réelles et l'analyse de corpus complémentaires sont réalisées afin de compléter l'approche. Enfin, lorsque celle-ci sera totalement définie, c'est à dire lorsque chacune des étapes aura été complétée suite à sa mise en application, l'approche globale sera évalué par un test utilisateur celui-ci aura pour objectif (1) de vérifier que les textes générés sont au moins aussi compréhensibles que ceux produits par des auteurs humains (2) et de s'assurer que les choix faits lors de la génération (par exemple sur le vocabulaire) sont cohérents vis à vis des lecteurs visés et des objectifs de l'auteur.

CONTRIBUTIONS

Les deux premières étapes de la méthodologie suivie sont terminées (constitution des corpus de référence et définition de récit d'activité) et la troisième étape (la définition de l'approche) est en cours.

Corpus de référence

Un premier corpus contenant 17 récits a été collecté. La source est le site spécialisé en ski de randonnée Skitour.fr. Le site permet aux skieurs de partager des parcours, des astuces et leurs propres expériences vécues lors d'une sortie de randonnée. Ce corpus sert à observer le type d'information et la structure des récits humains de ski de randonnée. Dans ces récits ils incluent parfois des conseils et détaillent plus ou moins l'itinéraire suivi et les conditions de randonnée (comme la météo). Un deuxième corpus de la même source a été collecté à plus grande échelle. Ce deuxième corpus contient 2889 récits et est utilisé pour obtenir des informations concernant le type de lexique employé pour décrire l'activité. Finalement, un troisième corpus de récits a été constitué. Il contient les données capteurs et les récits de 11 skieurs (pour 11 sorties différentes) et permet d'étudier les liens entre les données produites et la manière dont elles sont rapportées.

Définition du récit

Le récit est un outil de communication très efficace pour partager les expériences humaines. Dans le domaine de la conception des systèmes interactifs, les récits permettent de récolter les expériences des utilisateurs lors de la réalisation de l'activité à modéliser afin d'analyser leur comportement. Certains travaux essaient d'obtenir automatiquement (ou semi-automatiquement) la modélisation de l'activité à partir de tels récits [14, 13]. Les *user stories* [9] décrivent succinctement l'activité, mais ne la relatent pas, toutefois ils rejoignent la définition des scénarios dont les récits sont une forme. Pour Carroll [8], les scénarios sont des histoires composées d'un contexte, de protagonistes, d'un objectif et d'une série d'évènements pour l'atteindre. Ils peuvent être fictifs (comme les *user stories*) ou réels (comme les récits). La notion de récit a été particulièrement étudiée en littérature où plusieurs définitions ont été données. Barthes voit le récit comme des évènements liés par causalité [5] alors que Genette [12] distingue le contenu du récit et l'acte communicatif qui le produit (la narration). À partir de ces définitions, nous avons proposé le *récit d'activité* comme étant "*a sequence of activities with unity of theme and action focused on communicating the actors' experience. It is a succession of events related to facts that have been effectively experienced, observed or captured.*" [1].

Approche globale de génération

L'approche globale de génération que nous proposons est composée de trois étapes principales (Figure 1).

Obtention de la séquence d'activité. Dans sa définition du récit, Bal [4] considère qu'un récit est une séquence dérivée de la *fabula* mais racontée d'une certaine manière. La *fabula* est une série d'évènements issus des actions réalisées par des acteurs et ordonnés logiquement et chronologiquement. Dans le récit d'activité, la *fabula* correspond à une séquence d'évènements enregistrés par les capteurs. Dans nos travaux, la première étape pour générer un récit d'activité est donc d'obtenir une séquence d'évènements (séquence d'activité) valide par rapport au domaine à partir des données capteurs. Les séries de données sont découpées en suivant l'ontologie du domaine de l'activité. Ces évènements sont ordonnés chronologiquement (en fonction de leur étiquette temporelle (*timestamp*)) pour

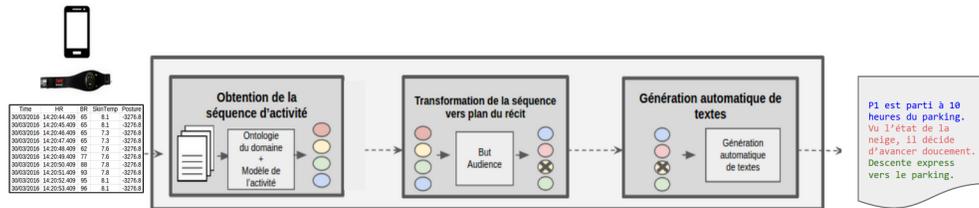


Figure 1. L'approche globale de génération

obtenir la séquence d'activité. Celle-ci est ensuite vérifiée vis à vis des déroulements connus de l'activité pour être validée. Pour prendre en compte le cas des données manquantes, la vérification détermine à la fois si la séquence est valide mais également si ce n'est pas le cas, ce qu'il faudrait changer pour qu'elle devienne valide.

Transformation de la séquence d'activité en plan du récit. Une fois la séquence d'événements valide, il faut la modifier en fonction des contraintes de l'auditoire et de l'intention du message. Le résultat de cette restructuration constitue le *plan du récit*. Plusieurs plans du récit peuvent être obtenu à partir d'une même séquence d'événements. Les travaux portant sur la génération de textes à partir de séquences d'événements sont réalisés dans le domaine créatif (c'est à dire pour la réalisation des fables ou de contes de fée) [17]. Pour ce type de production, la priorité est d'obtenir un plan qui permet de comprendre les relations causales entre les événements. Pour générer un récit, il faut en plus prendre en considération l'objectif de l'auteur, c'est à dire pourquoi l'expérience vécue est exposée aux lecteurs (pour vérifier auprès d'experts du domaine que le comportement enregistré relate une situation classique ? pour explorer d'autres déroulements possibles ?...). À cette étape, les modifications portent sur la sélection des événements qui vont être rapportés, l'ordre de présentation des événements et le niveau de détails apporté pour chaque événement. Nous nous appuyons sur la typologie du discours du récit de Genette [12] pour définir la structure des plans du récit. Les travaux que nous menons actuellement portent sur l'obtention de ces plans du récit (définis à partir de [12]) à partir d'une séquence valide en fonction de paramètres (auditeurs et but de communication). Nous nous sommes basés sur l'analyse de corpus de textes et expériences utilisateur pour chercher à définir des mécanismes les plus flexibles (et indépendantes du domaine) possibles.

Génération automatique de texte. Finalement, le plan de récit est transformé vers le texte naturel par l'application de mécanismes propres de la génération de texte (choix de vocabulaire, des structures des phrases, etc). À chaque événement du plan du récit est appliqué un modèle de phrase (ou *template*). Ce modèle permet l'expression des informations de chaque événement à la fois syntaxiquement (sous la forme de sujet, verbe, compléments) et en terme de sémantique (la fonction d'un mot par rapport au verbe). Cette étape est nommée microplanification dans la démarche des systèmes de génération de texte. Ensuite, l'association entre les informations et le lexique est réalisée. Puis, les phrases sont produites par application automatique des règles grammaticales.

MISE EN OEUVRE DE L'APPROCHE DE GÉNÉRATION

Afin d'étudier notre approche sur un cas réel, nous la mettons en oeuvre pour la génération de récits de ski de randonnée.

Obtention de la séquence d'activité

Pour obtenir la séquence d'activité, il est nécessaire de passer des données brutes vers des événements [2]. Pour notre preuve de concept, les données sont issues d'un capteur biométrique (Bioharness 3) et d'un smartphone équipé avec l'application « RecordMe » [6]. La première étape consiste à utiliser les déplacements des randonneurs extraits des traces GPS comme base de génération de la séquence, en laissant de côté des informations subjectives et complexes qui ne sont pas directement inférées des données, comme les émotions. Les informations physiologiques sur l'état de fatigue ou la météo seront ajoutées par la suite. Le traitement commence avec la segmentation du fichier GPX en utilisant l'algorithme Douglas-Peucker [10], qui classe les événements selon la vitesse du mouvement. Les segments obtenus constituent des instances du modèle de domaine (ie. de l'ontologie). Une fois la séquence d'événements obtenue, il faut vérifier la cohérence par rapport aux séquences possibles dans l'activité. Dans notre mise en oeuvre, ces séquences sont exprimées sous forme d'un modèle de tâches [7]. Pour vérifier la cohérence, une mise en oeuvre sous forme d'automates à états finis a été élaborée. Les automates à états finis sont utiles pour reconnaître si un élément appartient ou non à un langage formel. Dans cette approche, la séquence est l'élément (ou mot) et le modèle de tâches ; la grammaire (ou langage formel). La validation de la séquence vis à vis du modèle de tâches, et le cas échéant, l'identification des changements à réaliser pour que la séquence devienne valide sont réalisés par compositions d'automates avec la librairie OpenFST. Une première approche d'évaluation de la perception de la séquence de l'activité a été mis en oeuvre dans [3].

Transformation de la séquence d'activité en plan du récit

Cette étape n'étant pas encore totalement définie, la mise en oeuvre n'a pas encore été étudiée. Néanmoins, les travaux en cours visent à établir un système de règles qui permettront de modifier la séquence d'activité selon des contraintes communicatives, et ainsi obtenir le plan du récit. Ces règles proviendront d'une étude du corpus de référence. Par exemple, s'il y a plusieurs événements du même type ("avancer", "avancer", "avancer"), ils peuvent être compressés dans un seul ("avancer beaucoup").

Génération automatique de texte

Après avoir construit le plan du récit, la dernière étape est la production du récit sous forme du texte. Nous utilisons le microplanificateur du projet Babytalk [15] pour appliquer les modèles de phrase aux événements d'un plan du récit et la librairie JAVA SimpleNLG [11] pour générer des phrases grammaticalement correctes en anglais ainsi qu'en français. Nous tenons compte dans cette étape de faire explicite dans les textes générés l'intentionnalité et le type de public visé. Par exemple, un récit contenant une intentionnalité du type "alerte" pour un auditoire expert pourrait comporter plusieurs phrases avec des verbes conjugués à l'impératif ou des expressions comme "un itinéraires à éviter"; par contre, si le récit est généré pour partager une expérience personnelle avec des personnes non expertes, d'autres configurations comme l'utilisation de pronoms en première personne et des verbes conjugués au présent rendront le récit plus attirante et plus vivant, comme par exemple "Ce matin, je décide de monter au Charmant Som".

CONCLUSION ET TRAVAUX FUTURS

Notre approche vise à générer des récits d'activité à partir de données réelles pour un public spécifique et adapté à un but de communication. Une contribution à long terme est d'aider à l'optimisation itérative de la modélisation de l'activité, en facilitant l'échange de retours entre les experts du domaine et les experts IHM à travers de l'utilisation des récits générés. D'un point de vue théorique, le principal travail à apporter porte sur la définition des règles de transformation de la séquence d'événements valide à un plan du récit en fonction du public (audience) et du but de l'auteur (but de communication). La mise en oeuvre de l'approche globale demande des améliorations à chaque étape pour passer de la preuve de concept à un outil utilisable. Par exemple, il faut améliorer la qualité des textes générés pour obtenir un style moins "informatisé". Finalement, l'application de l'approche n'est pas limitée aux sports. Pratiquement toute activité humaine qui peut motiver la conception des IHM peut être tracée par des capteurs de diverse nature et donc, permettre la génération de récits. Par exemple dans le domaine de l'éducation, de la santé ou des arts numériques où la capture d'information numérique via des dispositifs électroniques est devenue courante.

BIBLIOGRAPHIE

1. Belén A. Baez Miranda, Sybille Caffiau, Catherine Garbay, and François Portet. 2014. Task based model for récit generation from sensor data : an early experiment. In *5th International Workshop on Computational Models of Narrative*. France, 1–10.
2. Belén A. Baez Miranda, Sybille Caffiau, Catherine Garbay, and François Portet. 2015a. Generating recit from sensor data : evaluation of a task model for story planning and preliminary experiments with GPS data. In *15th European Natural Language Generation Workshop (ENLG) (Proc. 15th European Natural Language Generation workshop)*. Brighton, United Kingdom.
3. Belén A. Baez Miranda, Sybille Caffiau, Catherine Garbay, and François Portet. 2015b. Towards a computational generation of récit : evaluating the perception of the récit plan. In *1st international Workshop on Data to Text Generation (D2T) (Proc. 1st international Workshop on Data to Text Generation (D2T))*. Ediburgh, United Kingdom.
4. Mieke Bal. 1997. *Narratology : Introduction to the theory of narrative*. University of Toronto Press.
5. Roland Barthes. 1966. Introduction à l'analyse structurale des récits. *Communications* 8, 1 (1966), 1–27.
6. David Blachon, François Portet, Laurent Besacier, and Stéphan Tassart. 2014. RecordMe : A Smartphone Application for Experimental Collections of Large Amount of Data Respecting Volunteer's Privacy. In *UCAMl 2014 (LNCS 8867)*, R. Hervás et al. (Ed.). Springer International, Belfast, United Kingdom, 345–348.
7. Sybille Caffiau, Dominique Scapin, Patrick Girard, Mickaël Baron, and Francis Jambon. 2010. Increasing the expressive power of task analysis : Systematic comparison and empirical assessment of tool-supported task models. *Interacting with Computers* 22, 6 (2010), 569–593.
8. John M Carroll. 2000. *Making use : scenario-based design of human-computer interactions*. MIT press.
9. Mike Cohn. 2004. *User stories applied : For agile software development*. Addison-Wesley Professional.
10. David H Douglas and Thomas K Peucker. 1973. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. *Cartographica : The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* 10, 2 (1973), 112–122.
11. Albert Gatt and Ehud Reiter. 2009. SimpleNLG : A realisation engine for practical applications. In *Proceedings of the 12th European Workshop on Natural Language Generation*. Association for Computational Linguistics, 90–93.
12. Gérard Genette. 1972. *Figures III*. Éditions du Seuil.
13. Christophe Lemaigre, Josefina Guerrero García, and Jean Vanderdonckt. 2008. Interface model elicitation from textual scenarios. In *Human-Computer Interaction Symposium*. Springer, 53–66.
14. Fabio Paternò and Cristiano Mancini. 1999. Developing task models from informal scenarios. In *CHI'99 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 228–229.
15. François Portet, Ehud Reiter, Albert Gatt, Jim Hunter, Somayajulu Sripada, Yvonne Freer, and Cindy Sykes. 2009. Automatic generation of textual summaries from neonatal intensive care data. *Artificial Intelligence* 173, 7 (2009), 789–816.
16. Ehud Reiter and Robert Dale. 2000. *Building natural language generation systems*. Vol. 33. MIT Press.
17. Elena Rishes, Stephanie M Lukin, David K Elson, and Marilyn A Walker. 2013. Generating different story tellings from semantic representations of narrative. In *International Conference on Interactive Digital Storytelling*. Springer, 192–204.

Comprendre et Concevoir les Animations dans le Contexte des Interfaces Graphiques

Amira Chalbi

Inria Lille-Nord Europe, Villeneuve d'Ascq
amira.chalbi@inria.fr

RÉSUMÉ

Les animations sont de plus en plus utilisées dans les systèmes interactifs dans un but d'améliorer l'utilisabilité et l'esthétique de l'interface utilisateur. Si les animations se révèlent très utiles dans de nombreux cas, on trouve également des animations causant de multiples problèmes, tels que la distraction des utilisateurs de leur tâche principale ou encore le ralentissement de l'exploration des données. Le fait que de telles animations subsistent encore prouve que les animations ne sont pas encore bien assimilées comme une aide cognitive à la compréhension des interfaces, et que l'on n'a pas définitivement défini ce qui constitue une animation bien conçue.

Le but de cette thèse est de mieux comprendre les différents aspects des animations pour les interfaces et d'explorer de nouvelles méthodes pour les concevoir, en focalisant une grande partie de nos travaux autour du domaine de la visualisation d'information. Comme première investigation, nous avons élaboré une taxonomie des rôles des animations dans les interfaces graphiques. Dans le contexte des visualisations dynamiques d'information, nous travaillons actuellement sur un modèle des transitions animées. Nous explorons également certains aspects du groupement visuel pour ces transitions. En outre, nous étudions l'effet de la structuration temporelle des transitions animées sur l'interprétation des données. Nos futures investigations viseront essentiellement la conception d'un outil de prototypage et de création de transitions animées pour des données dynamiques basé sur le dessin.

Mots Clés

Animation, transition animée, visualisation d'information

ABSTRACT

Animations are increasingly used in interactive systems in order to enhance the usability and aesthetics of user interfaces. While animations are proven to be useful in many cases, we still find defective animations causing many problems, such as distracting users from their main task or making data exploration slower. The fact that such animations still exist proves that animations are not yet very well understood as a cognitive aid for understanding interfaces, and that we did not definitely decide what makes a well designed animation.

This thesis aims at better understanding the different aspects of animations for user interfaces and exploring new methods and guidelines for designing them, with a main focus on the field of information visualization. As a first investigation, we elaborated a taxonomy of the roles of animations in the graphical interfaces. In the context of dynamic information visualizations, we are currently working on a model of animated transitions. We are also exploring certain aspects of the visual grouping for these transitions. Moreover, we are studying the impact of temporal structuring of animated transitions on the interpretation of data. Our future investigations will aim essentially at the design of a sketch-based tool for prototyping and authoring animated transitions of dynamic data.

Author Keywords

Animation, animated transition, information visualisation

ACM Classification Keywords

H.5.1 Information Interfaces and Presentation: Multimedia Information Systems—*animations*; H.5.2 Information Interfaces and Presentation: User Interfaces—*Graphical user interfaces*

INTRODUCTION

Une *animation* consiste en une séquence d'images qui, présentées rapidement à l'observateur, donnent l'illusion de mouvement. En informatique, les animations impliquent généralement une série de transformations graphiques (mouvement, changement de couleur, redimensionnement, changement de forme etc.) sur un nombre d'objets graphiques à travers n états successifs d'un système interactif évoluant dans le temps. Les *transitions animées* sont une classe particulière d'animations qui consistent à rendre fluide et continu le changement visuel autrement abrupt entre deux états successifs, généralement par interpolation entre ces deux états. La différence entre animations au sens large, et transitions animées est illustrée avec deux exemples de visualisation d'information en Figure 1.

Les animations sont de plus en plus utilisées dans les interfaces graphiques des systèmes interactifs, essentiellement pour leur caractère attractif et leur potentiel de rendre ces interfaces plus intuitives et compréhensibles. Des travaux de recherche antérieurs ont prouvé que les animations permettent de guider l'attention des utilisateurs vers les points d'intérêt [7], et facilitent la compréhension des systèmes dynamiques qui changent d'une façon continue dans le temps [1].

Dans le contexte des systèmes de visualisation d'information, les animations ont été utilisées pour améliorer l'attractivité visuelle des visualisations [4]. Les animations ont été démontrées efficaces pour représenter les changements visuels de

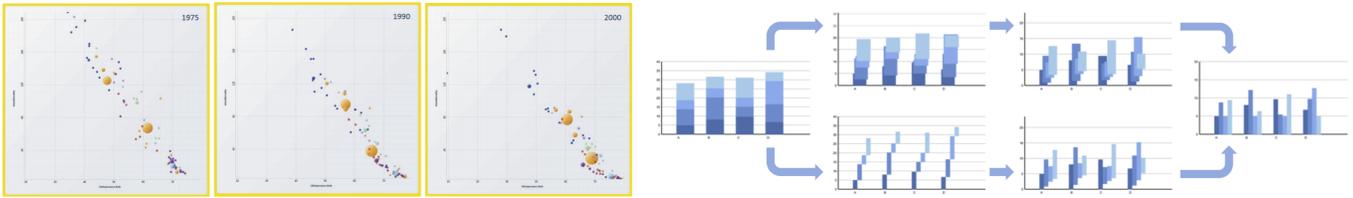


Figure 1. Gauche : une animation de l'évolution de l'espérance de vie (en abscisse) et la mortalité infantile (en ordonnée) à travers 3 années. Chaque image de l'animation représente un état concret des données à une certaine année. Droite : une transition animée entre deux représentations visuelles de mêmes données. Dans ce cas, seules la première et la dernière image de l'animation représentent des états concrets des données. Toutes les autres images intermédiaires sont générées par interpolation entre les valeurs initiales et finales des éléments graphiques à l'écran (ici, les barres superposées et les barres placées côte à côte). Il existe une infinité de possibilités pour interpoler entre ces deux vues, selon le choix de conception de la transition animée. Par exemple, les barres peuvent se déplacer en même temps qu'on réduit leur taille (transition animée du haut), ou on peut commencer par réduire la largeur des barres, puis de les faire glisser vers le bas dans un second temps (transition animée du bas).

façon simple et fluide [6]. De tels changements fluides permettent d'orienter les utilisateurs [9] et les assistent à suivre les transformations [2]. Dans les visualisations dynamiques incarnant la navigation entre différentes représentations visuelles, comme par exemple le passage d'une visualisation des données en nuages de points vers une autre en histogramme [6], les transitions animées peuvent rendre ces changements, potentiellement complexes, plus compréhensibles.

Malgré leurs multiples bénéfices, les animations restent difficiles à concevoir, essentiellement dû au fait qu'elles incarnent multiples paramètres à régler, et peuvent avoir plusieurs inconvénients lorsqu'elles sont mal conçues. Bien qu'elles aient été étudiées et utilisées depuis de nombreuses années, on observe encore plusieurs controverses concernant leur valeur et leur rôle dans les systèmes interactifs. En guise d'illustration, une étude a démontré que les animations pourraient faciliter l'apprentissage des visualisations [8]. À l'inverse, elles sont considérées dans d'autres études comme non efficaces pour apprendre comparées à d'autres moyens d'instruction [12].

Ces conclusions incompatibles peuvent être en partie dues au fait que les études explorent généralement la conception et l'utilisation d'une instance particulière d'animation pour un contexte spécifique. Ainsi, les résultats sont potentiellement non généralisables et parfois même non valides pour des contextes différents. Tversky et al. [13] soulignent par ailleurs plusieurs problèmes dans les protocoles d'évaluation dans les travaux antérieurs étudiant les animations, ce qui rend leurs résultats discutables. De ce fait, nous constatons des limitations dans les méthodologies adoptées pour évaluer les animations.

Les animations impliquent également plusieurs problématiques, en particulier le "timing" et la complexité. Selon Fisher [4], elles rendent l'exploration des données plus lente. Tversky et al. [13] estiment que les visualisations animées sont plus difficiles à percevoir. Ces visualisations sont aussi considérées comme moins précises que leurs alternatives statiques [4]. En outre, Heer [6] prévient que le potentiel attractif des animations pourrait les rendre plutôt distrayantes. Quand elles ne sont pas bien conçues, les animations peuvent désorienter les utilisateurs et violer le sens des données sous-jacentes [6]. D'emblée, la conception des animations est un processus compromettant impliquant multiples facteurs qui peuvent affecter considérablement leur valeur. D'où la nécessité d'une meilleure compréhension de ces différents facteurs.

COMPRENDRE & MODÉLISER LES ANIMATIONS

Nous considérons que le premier pas indispensable vers une meilleure compréhension des animations est de poser les questions fondamentales suivantes : Qu'est-ce qu'une animation ? Pourquoi utilise-t-on les animations ? Dans quels contextes ? À quelles fins ? Quels sont leurs bénéfices et leurs limitations ?

C'est dans ce contexte que nos travaux de compréhension et de modélisation des animations se positionnent. Dans un premier temps, nous visons à dresser l'état des pratiques actuelles concernant les animations dans les interfaces. Nous proposons ensuite un cadre de conception générique pour la caractérisation des animations.

Taxonomie des Rôles des Animations dans les Interfaces

Au cours des années 90, Baecker et Small [1] ont proposé une taxonomie des différents rôles que l'animation peut jouer dans les interfaces utilisateur en se basant sur des scénarios (pour la plupart hypothétiques) illustrant que les animations peuvent par exemple aider les personnes à suivre les objets d'intérêt, ou choisir quoi faire et voir comment le faire.

Dans notre article [3] nous avons revisité cette taxonomie originale prenant en compte 25 années de travaux en IHM dans les milieux académiques et industriels. Le but de ce travail est de souligner les opportunités croissantes d'utilisation des animations, et d'encourager les chercheurs à étudier leurs aspects encore sous-exploités.

Dans cette perspective, nous avons proposé une taxonomie actualisée constituée de 5 catégories (Maintenir en contexte, Aide à l'enseignement, Expérience utilisateur, Encodage des données, et Discours visuel), et comprenant 23 rôles issus de ces différentes catégories. Parmi ces rôles on peut souligner l'apparition du rôle "Accrocher l'utilisateur" qui met en avant le côté esthétique des animations ou encore "Soutenir un récit" qui s'impose avec l'émergence de l'aspect narratif dans les visualisations dynamiques issues du data journalisme. Nous avons discuté aussi les méthodes générales d'évaluation adaptées à chaque catégorie et les opportunités de futurs travaux de recherche. Une évaluation préalable de la couverture et de l'utilisabilité de cette taxonomie a été réalisée via des questionnaires informels avec 20 experts.

Notre taxonomie présente une première réflexion sur les différents types d'animation conçus pour les interfaces graphiques et les visualisations d'information. Cette analyse ouvre des

perspectives vers une future investigation plus profonde suivant une approche plus systématique pour sa validation et son éventuelle extension ; qui surligne, en plus des apports de chaque rôle d'animation, ses limitations et problèmes ; examine l'évolution de ces rôles au fil des années et en fonction du changement de contexte et étudie plus en profondeur les métriques et les méthodologies de leur évaluation.

Modèle des Transitions Animées dans les Visualisations

Les transitions animées sont souvent utilisées pour aider les utilisateurs à suivre et comprendre le changement des visualisations d'information dynamiques au cours du temps. Ces visualisations peuvent changer de différentes manières, e.g., parce que les données évoluent (Figure 1 gauche), ou parce que l'utilisateur décide de changer de représentation (Figure 1 droite), d'où le besoin d'outils efficaces pour déterminer une animation qui permettrait au mieux d'exprimer ces changements. Concevoir une telle animation nécessite de contrôler tous les paramètres possibles comme par exemple les trajectoires des objets mouvants, la vitesse, le séquençage, etc., sachant que de mauvais choix de transition (qui créent de l'information par interpolation entre des valeurs connues) peuvent introduire un risque de fausse interprétation des données.

Nous travaillons actuellement sur un modèle qui vise à donner aux concepteurs des transitions animées pour les visualisations dynamiques une représentation mentale plus claire de ces animations et leurs divers paramètres. Dans cette perspective, nous modélisons les transitions animées en se basant sur le *path-transition paradigm* de Stasko [11], qui représente chaque type de transition d'attribut visuel (e.g. position, couleur, taille) comme une variation du paramètre concerné selon une certaine trajectoire dans l'espace de ses valeurs, et suivant une fonction de "pacing" (courbe de vitesse) représentant l'évolution dans le temps. Nous proposons d'appliquer ce paradigme dans le contexte des visualisations dynamiques et discutons les variations de trajectoires possibles pour chacun des différents attributs visuels.

LES TRANSITIONS ANIMÉES POUR LA VISUALISATION

Les transitions animées apportent diverses valeurs ajoutées aux visualisations : non seulement elles peuvent faciliter la perception du changement des données (e.g. [6]), mais peuvent aussi rajouter du sens en encodant certains aspects sémantiques des ces données (e.g. [10]). Dans cette optique, nous nous intéressons à l'impact possible des transitions animées sur le groupement visuel, et nous envisageons de concevoir un outil qui aide à la création des transition animées.

Signification du Destin Commun pour les Transitions Animées dans la Visualisation d'Information

La Loi du Destin Commun de Gestalt (LDC), est un exemple d'un guide très connu pour concevoir des animations où les éléments visuels qui bougent avec la même vitesse (même rapidité et même direction) sont perçus comme partageant le même destin et ainsi appartenant au même groupe sémantique.

Tandis que la plupart des exemples de LDC utilisent des éléments visuels avec des trajectoires identiques, le sens philosophique du *destin commun* d'objets ayant un mouvement

commun n'est pas nécessairement réduit à la vélocité (i.e. combinaison de trajectoire et vitesse). Plutôt, une interprétation plus générale du *destin commun* pourrait logiquement signifier un comportement dynamique commun entre plusieurs objets de sorte qu'ils soient perçus comme étant sous l'influence du même processus physique. Un tel comportement similaire inclut la croissance et le rétrécissement (taille) et l'obscurcissement et l'éclaircissement (luminance). En considérant ces faits, il est utile de se demander comment le groupement visuel dû au destin commun est influencé par de tels comportements dynamiques, et comment ces facteurs interagissent ensemble quand ils sont utilisés conjointement. Répondre à ces questions pourrait dévoiler quels paramètres pourraient être utilisés pour structurer les transitions animées dans les interfaces.

Nous avons commencé par étudier ces subtilités de la Loi de Destin Commun à l'aide d'une expérience de perception à grande échelle réalisée sur une plateforme de "crowdsourcing" impliquant plus de 100 participants qui ont accompli des tâches perceptuelles de groupement. Notre expérience a été conçue pour comparer trois facteurs visuels statiques (position, taille et luminance) et trois facteurs visuels dynamiques (vélocité, changement de taille et changement de luminance) dans des tests où quatre objets graphiques étaient groupés par deux propriétés en même temps : deux paires étaient groupés par un premier facteur et les deux autres paires selon un deuxième facteur. Nos résultats proposent le classement suivant du potentiel de groupement visuel : mouvement > (luminance, taille, taille dynamique) ; taille dynamique > (luminance dynamique, position) ; et luminance dynamique > taille.

Cette démarche nous a permis non seulement d'étudier la puissance du groupement de chaque facteur visuel à part, mais aussi classer ces facteurs par ordre de puissance relative de groupement. Nous avons pu tirer à l'issue de cette première exploration un ensemble de constats préliminaires sur comment nos résultats peuvent être utilisés pour guider la conception des transitions animées dans le but de réduire la charge cognitive et améliorer la perception des interfaces par les utilisateurs. La prochaine étape de cette étude consistera à appliquer ces constats dans des cas d'utilisation réels de visualisations dynamiques pour les valider et en extraire des éventuelles recommandations pratiques de conception.

Structuration Temporelle des Transitions Animées

L'animation multi-étapes, qui consiste à diviser l'ensemble des objets à animer en sous-groupes et les animer séquentiellement groupe par groupe, a été essentiellement utilisée pour réduire l'encombrement visuel dans les visualisations dynamiques [6] et aider à l'accomplissement de certaines tâches d'exploration telle que la comparaison de listes [8]. Nous pensons qu'en plus du fait que ces animations *structurées* facilitent la lecture et l'utilisation des visualisations, elles peuvent aussi servir comme un canal additionnel de communication pour encoder certains aspects sémantiques tels que le groupement des données ou encore les tendances de leur changement.

Les travaux antérieurs ont utilisé différentes stratégies pour décider comment décomposer une animation en étapes. Certaines stratégies se basent sur les différents types d'opérations de changement de données, ou sur un ou plusieurs attributs de

ces données [14, 8]. D'autres se basent plutôt sur la structure de la visualisation, ou sur une approche hybride mixant les alternatives précédentes [6, 5]. Nous travaillons actuellement sur un espace de conception plus générique qui discute les possibilités de décomposition en se basant sur les différents aspects du comportement dynamique des objets visuels à savoir : la persistance, les attributs de données stables et les attributs de données changeants. On considère par ailleurs les alternatives de séquençement et les différents paramètres temporels. Nous suggérons aussi d'évaluer la valeur sémantique de la décomposition des animations en étudiant son impact sur l'interprétation des données dans le contexte des visualisations d'information dynamiques.

Prototypage & Création des Transitions Animées

Les logiciels dont disposent aujourd'hui les artistes plus ou moins expérimentés pour créer des animations sont des logiciels professionnels très complets qui nécessitent un niveau d'entraînement et de connaissances élevé. Les outils traditionnels d'animation sont souvent dotés d'interfaces compliquées, et de mécanismes d'interaction laborieux. Les concepteurs de transitions animées manquent d'outils accessibles pour prototyper, expérimenter, tester et valider les effets de ces animations. La plupart du temps, ils ont recours à des représentations statiques, illustrant grossièrement une succession d'états sur une même image et des flèches pour renforcer la compréhension du mouvement. Si ces croquis aident à visualiser l'idée générale, ils ne permettent pas de capturer l'essence de l'expérience visuelle de son équivalent animé.

Notre approche consiste à s'inspirer du modèle de transitions animées élaboré au cours de cette thèse (c.f. section "Modèle de Transitions Animées") pour créer une interface dont l'interaction est essentiellement basée sur le dessin. Ainsi, pour animer un objet qui se déplace selon une trajectoire arquée, l'utilisateur dessinera directement un arc pour guider le mouvement (trajectoire de valeurs), et le rythme qu'il souhaite attribuer à cette animation (courbe de vitesse).

CONCLUSION

Les travaux de cette thèse visent à mieux comprendre et concevoir les animations dans les interfaces graphiques. Les études déjà réalisées ont couvert différentes perspectives : élaborer une taxonomie des rôles des animations dans les systèmes interactifs et les visualisations d'information afin de mieux comprendre quand, comment et pourquoi les animations sont utilisées en pratique ; modéliser les transitions animées pour en clarifier les différents paramètres et simplifier leur conception ; et étudier certains aspects du groupement visuel dans ces transitions dans le contexte de visualisation d'information dans le but d'avoir une vision plus claire sur comment les structurer.

Nos travaux futurs viseront les aspects suivants : une étude plus développée des rôles des animations dans les interfaces graphiques ; une validation de la première étude sur le Destin Commun par une 2ème étude illustrant des cas d'utilisation réels ; et la conception d'un outil de prototypage et création des animations basé sur le dessin.

BIBLIOGRAPHIE

1. R. Baecker and I. Small. 1990. Animation at the Interface. In *The Art of Human-Computer Interface Design*. Addison-Wesley.
2. F. Chevalier, P. Dragicevic, A. Bezerianos, and J-D. Fekete. 2010. [Using Text Animated Transitions to Support Navigation in Document Histories](#). In *Proc. CHI '10*. ACM, New York, NY, USA, 683–692.
3. F. Chevalier, N. Riche, C. Plaisant, A. Chalbi, and C. Hurter. 2016. [Animations 25 Years Later: New Roles and Opportunities](#). In *Proc. AVI '16*. ACM, New York, NY, USA, 280–287.
4. D. Fisher. 2010. [Animation for Visualization: Opportunities and Drawbacks](#). Microsoft, 329–352.
5. D. Guilmaine, C. Viau, and M. McGuffin. 2012. [Hierarchically Animated Transitions in Visualizations of Tree Structures](#). In *Proc. AVI '12*. ACM, New York, NY, USA, 514–521.
6. J. Heer and G. Robertson. 2007. [Animated Transitions in Statistical Data Graphics](#). *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 13, 6 (Nov. 2007), 1240–1247.
7. D. McCrickard, R. Catrambone, and J. Stasko. 2001. [Evaluating animation in the periphery as a mechanism for maintaining awareness](#). In *Proc. INTERACT 2001*. 148–156.
8. C. Plaisant, T. Chao, R. Liu, K. Norman, and B. Shneiderman. 2012. [Multi-Step Animation to Facilitate the Understanding of Spatial Groupings: the Case of List Comparisons](#). Technical Report.
9. G. Robertson, J. Mackinlay, and S. Card. 1991. [Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information](#). In *Proc. CHI '91*. ACM, New York, NY, USA, 189–194.
10. C. Schlienger, P. Dragicevic, C. Ollagnon, and S. Chatty. 2006. [Les transitions visuelles différenciées: principes et applications](#). In *Proc. IHM '06*. ACM, 59–66.
11. J. Stasko. 1990. [The Path-transition Paradigm: A Practical Methodology for Adding Animation to Program Interfaces](#). *J. Vis. Lang. Comput.* 1, 3 (Sept. 1990), 213–236.
12. B. Tversky, J. Heiser, S. Lozano, R. MacKenzie, and J. Morrison. 2007. Enriching animations. In *Learning with animations*. Cambridge University Press.
13. B. Tversky, J. Morrison, and M. Betrancourt. 2002. [Animation: Can It Facilitate?](#) *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 57, 4 (Oct. 2002), 247–262.
14. L. Zaman, A. Kalra, and W. Stuerzlinger. 2011. [The Effect of Animation, Dual View, Difference Layers, and Relative Re-layout in Hierarchical Diagram Differencing](#). In *Proc. GI '11*. 183–190.

Interfaces Tangibles comme Aide à la Maîtrise de l'Énergie

Maxime Daniel

ESTIA, LaBRI, Université de Bordeaux
64210, Bidart, France
m.daniel@estia.fr

RÉSUMÉ

Maîtriser la demande en énergie implique d'améliorer l'efficacité énergétique mais également de promouvoir la sobriété énergétique. Depuis 10 ans, des systèmes interactifs et persuasifs sont conçus pour promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces domestiques. Comment peut-on utiliser la tangibilité pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique au-delà des espaces domestiques ? Pour trouver des réponses à cette question, notre projet de thèse étudie les effets de l'interaction tangible sur la capacité des systèmes interactifs persuasifs à promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics. Une première hypothèse que nous essayerons de vérifier est que les interfaces tangibles ambiantes fixes attirent plus l'attention des utilisateurs sur la durée que les interfaces graphiques ambiantes fixes, permettant ainsi aux SIPs de maintenir plus facilement les utilisateurs conscients des conséquences de leur comportement sur la durée. Cet article présente le contexte, la problématique, l'avancement et les perspectives du projet.

Mots Clés

Persuasion Technologique; Interfaces Utilisateurs Tangibles; Interaction Tangible; Énergie.

ABSTRACT

Mastering energy demand requires improving energy efficiency as much as promoting energy sufficiency. Over the last decade, interactive persuasive systems have been designed to promote energy sufficiency in domestic spaces. How can we use tangibility to persuade and, more particularly, to promote energy sufficiency beyond domestic spaces ? To find answers to this question, our thesis project studies the effects of tangible interaction on the ability of interactive persuasive systems to promote energy sufficiency in collective and/or public spaces. A first hypothesis to verify is that fixed ambient tangible interfaces draw in users' attention more often than does fixed ambient graphical interfaces. Draw in users' attention more often helps interactive persuasive systems to maintain users aware of their behavior consequences over time. This paper presents the project's context, problematic, progress and perspectives.

Author Keywords

Persuasive Technology; Tangible User Interfaces; Tangible Interaction; Energy.

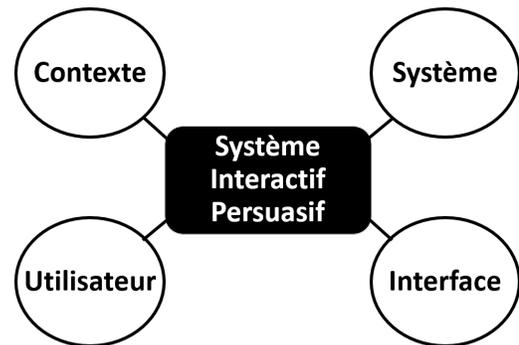


Figure 1: Cadre d'analyse pour les systèmes interactifs (et persuasifs).

ACM Classification Keywords

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.

INTRODUCTION

Selon des perspectives économiques et historiques [8], orienter le développement durable uniquement vers l'amélioration de l'*efficacité énergétique* (c.-à-d. réduction de la consommation d'énergie par des équipements ayant un meilleur rendement et moins de pertes dans la production ou la consommation d'énergie [10]) restera infructueux (paradoxe de Jevons, ou effet rebond), à moins qu'elle ne soit combinée avec des stratégies de *sobriété énergétique* (c.-à-d. réduction de la consommation d'énergie par un usage approprié, sans excès et mutualisé des équipements consommateurs d'énergie [10]). Dans ce contexte, depuis plus de dix ans, le domaine de la persuasion technologique propose des systèmes interactifs et persuasifs destinés à promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces domestiques [11]. Comment peut-on utiliser la tangibilité pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique au-delà des espaces domestiques ? Pour trouver des réponses à cette question. Mon projet de thèse "Interfaces tangibles comme aide à la maîtrise de l'énergie" étudie les effets de l'interaction tangible sur la capacité des systèmes interactifs persuasifs à promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics.

CONTEXTE

Interfaces Utilisateurs Tangibles

En 1997, Ishii et Ullmer [9] introduisent les *interfaces utilisateur tangibles* (TUIs) comme des interfaces qui utilisent

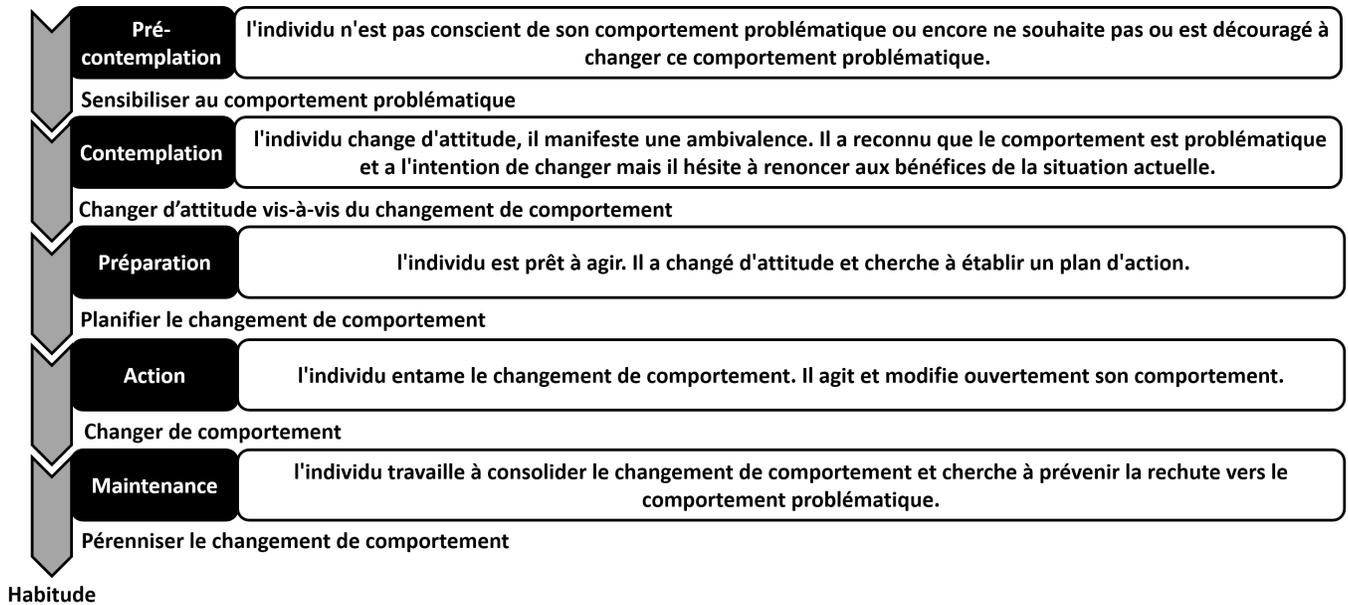


Figure 2: Modèle transthéorique du changement de comportement [12].

des artefacts physiques pour représenter et/ou manipuler des informations numériques.

Systèmes Interactifs Persuasifs

En 1998, Fogg [5][6] introduit la *Persuasion Technologique* (ou captologie) comme une tentative de changement d'attitude (c.-à-d. prédispositions d'un individu à répondre à une personne, un objet ou une idée de manière favorable ou défavorable [2]) et/ou de comportement (c.-à-d. les actions d'un individu) par l'interaction Homme-Machine sans utiliser la tromperie ou la contrainte. Dans la suite, est appelé un Système Interactif et Persuasif (SIP) tout système interactif issu de la Persuasion Technologique. En 2013, Coutaz [3] indique qu'un système interactif peut être mesuré en termes de conformité fonctionnelle (relative au système), interactionnelle (relative à l'interface), hédonique (relative à l'utilisateur) et contextuelle (relative au contexte). À partir de cette définition, nous décrivons un SIP comme la composition de quatre entités interdépendantes que sont : le système (les données et les fonctions), l'interface, l'utilisateur et le contexte (voir Figure 1).

PROBLÉMATIQUE

Nous cherchons à identifier et évaluer les propriétés des interfaces tangibles rendant les SIPs plus efficaces pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics.

AVANCEMENT

Nous présentons ici un résumé des travaux que nous avons réalisés vers la résolution de la problématique énoncée.

Domaines scientifiques et travaux relatifs

Dans un premier temps, nous avons effectué des recherches bibliographiques pour appréhender la persuasion technologique

(p. ex., définitions, modèles, théories, méthodes de conception, méthodes d'évaluation, applications) et les interfaces tangibles (p. ex., définitions, propriétés, modèles, théories, méthodes de conception, applications). Dans un second temps, nous avons recherché des travaux traitant l'application des interfaces tangibles à la persuasion technologique. Peu de travaux sont sortis de cette recherche. Un seul de ces travaux [14] évoque des propriétés de l'interaction tangible pour la persuasion technologique mais sans évoquer de méthodes pour évaluer leurs effets sur l'efficacité des SIPs.

Analyse d'un ensemble de travaux sur la persuasion technologique pour la maîtrise de l'énergie

Par la suite, nous nous sommes intéressés à notre champ d'application, la maîtrise de l'énergie. En février 2016, nous avons effectué une revue systématique de la littérature pour comprendre la conception et la mise en œuvre des SIPs produits par le domaine de la persuasion technologique pour la maîtrise de l'énergie. Pour cela, nous avons utilisé et combiné les mots-clés *energy*, *persuasive technology*, *eco-feedback*, *gamification* et *ambient awareness* dans les bases bibliographiques de *Google Scholar* et *ACM Digital Library*. Les articles cités par les articles identifiés ont également été parcourus. En résultat, un corpus de 44 SIPs dédiés à la maîtrise de l'énergie a été assemblé. La majorité des systèmes interactifs identifiés sont intentionnellement conçus pour changer le comportement d'individus inconscients d'un problème avec leur comportement ou d'individus exprimant déjà une attitude favorable envers un changement de comportement. On notera cependant que certains systèmes interactifs du corpus sont intentionnellement conçus pour sensibiliser ou changer les attitudes et que, au regard du modèle transthéorique du changement décrivant le processus de persuasion, nous considérons tous ces SIs comme des SIPs.

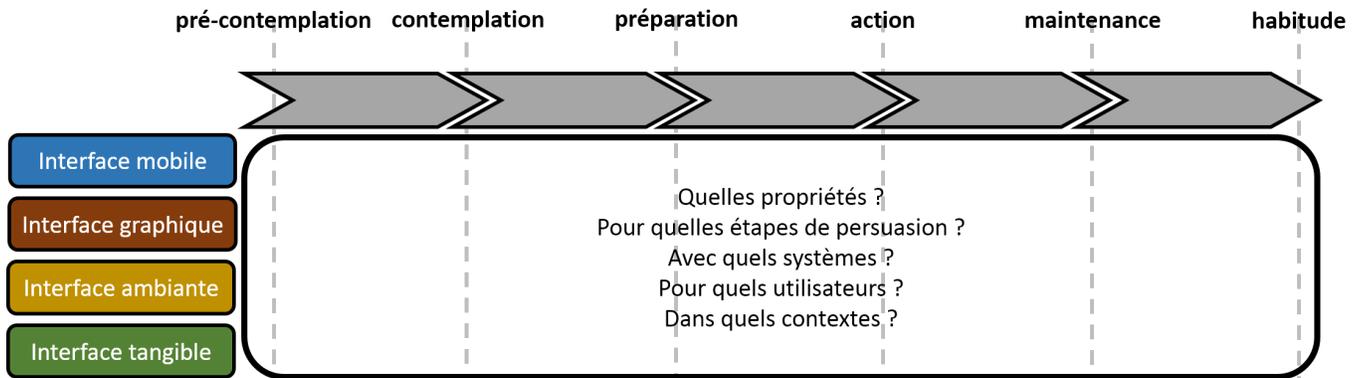


Figure 3: Cadre de recherche pour la persuasion technologique visant à fournir des recommandations de choix d'interfaces et d'interactions, pour chaque étape de persuasion, dans la conception de SIPs.

Au vu de la diversité et de la complexité dans la conception et la mise en œuvre de ces SIPs, nous avons cherché à les caractériser par un cadre d'analyse composé de 5 classes, 15 critères et 73 caractéristiques construit à partir de travaux relatifs et des SIPs du corpus. En analysant le corpus avec ce cadre, nous avons pu observer des convergences et des divergences dans la conception et la mise en œuvre de ces SIPs [4].

Un premier constat est que les SIPs du corpus cherchent à promouvoir la sobriété énergétique majoritairement sur les espaces domestiques et minoritairement sur les espaces collectifs et publics. Un deuxième constat est que les SIPs du corpus emploient majoritairement des interfaces graphiques mobiles prenant la forme d'appareils mobiles ou des interfaces ambiantes prenant la forme d'objets connectés ou du quotidien revisités et qu'elles emploient en minorité de la manipulation tangible (le seul SIP identifié est la StationENR [13]).

Les résultats de cette étude bibliographique nous ont permis de justifier le positionnement du projet de thèse en montrant que les interfaces tangibles et les espaces collectifs et publics sont peu étudiés dans le domaine de la persuasion technologique pour la maîtrise de l'énergie. Ces résultats nous ont également permis de créer des perspectives de recherche pour le projet de thèse mais également pour le domaine. En effet, plusieurs types d'interfaces sont employés pour un même objectif, persuader or, notre hypothèse est que chaque type d'interfaces possède des propriétés différentes qui rendent les SIPs plus ou moins efficaces à chaque étape de persuasion (voir Figure 2). Cette hypothèse nous a amené à créer un ensemble de perspectives de recherche pour le domaine de la persuasion technologique que nous avons représenté en Figure 3. En supposant que cette hypothèse soit vérifiée, combiner ou hybrider plusieurs types d'interfaces pour accompagner un individu tout au long du processus du changement de comportement sera alors plus efficace que d'employer un unique type d'interfaces.

PERSPECTIVES

Pour la suite du projet de thèse nous chercherons à montrer que certaines propriétés des interfaces tangibles (p. ex.,

représentation tangible, manipulation tangible) rendent les SIPs plus efficaces pour sensibiliser (i.e. pré-contemplation) à la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics.

Évaluer l'impact du type d'interfaces sur l'efficacité du SIP

En 2014, Hamari et al. [7] réalisent un état de l'art sur la persuasion technologique. Leurs travaux montrent, entre autres, que le domaine emploie des méthodes qualitatives (entretiens, questionnaires, groupes de discussion, observations), quantitatives (sondages, questionnaires, journaux de données automatiques ou manuelles, analyses statistiques) et mixtes pour évaluer l'efficacité d'un SIP en termes d'effets psychologiques (attention, encouragement, engagement, motivation, changement d'attitude, changement de comportement). À notre connaissance, aucune méthode n'a été employée dans le domaine de la persuasion technologique pour évaluer les effets de l'interface sur l'efficacité d'un SIP. Nous proposons l'idée suivante. Supposons que nous ayons à notre disposition, S1 et S2, deux SIPs avec un même Contexte (p. ex., sensibiliser à la sobriété énergétique dans une gare), un même Utilisateur (p. ex., les citoyens) et un même Système (p. ex., mesurer et évaluer la consommation d'énergie de la gare en termes d'impacts sur l'environnement). Cependant, S1 et S2 ont une Interface différente. S1 emploie une interface graphique ambiante fixe (p. ex., représentation des impacts environnementaux par la couleur et la taille d'une planète Terre dessinée sur un grand écran) et S2 emploie une interface tangible ambiante fixe (p. ex., représentation des impacts environnementaux par la couleur et la taille d'un ballon géant correspondant à la planète Terre). En utilisant les méthodes d'évaluation précédentes, il serait possible d'évaluer et comparer l'efficacité de S1 et S2 afin de montrer que les interfaces tangibles ambiantes fixes rendent les SIPs plus ou moins efficaces que les interfaces graphiques ambiantes fixes avec ce Système, pour cet Utilisateur et dans ce Contexte.

Vérifier une première hypothèse avec une étude *in vitro* et *in vivo*

Nous émettons l'hypothèse que les interfaces tangibles ambiantes fixes attirent plus l'attention des utilisateurs sur la

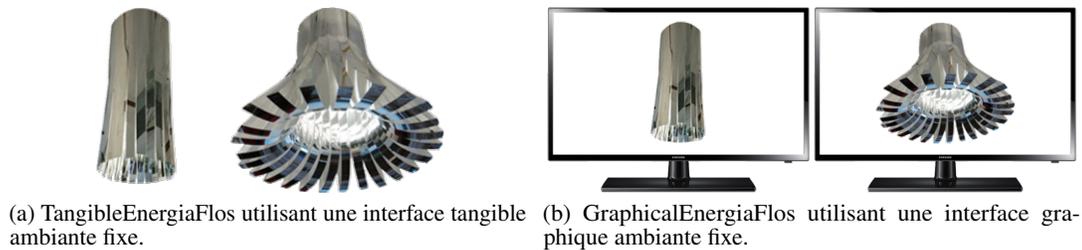


Figure 4: Deux versions de EnergiaFlos avec un type d'interfaces différent (image extraite de FlowerLamp [1]).

durée que les interfaces graphiques ambiantes fixes, permettant ainsi aux SIPs de maintenir plus facilement les utilisateurs conscients des conséquences de leur comportement sur la durée. Pour vérifier cette hypothèse, nous cherchons à identifier un cas d'application, en l'occurrence un espace collectif (p. ex., une entreprise) ou public (p. ex., un hôpital) sur lequel nous pourrions réaliser une étude *in vivo* sur 3 mois. Cependant, avant de réaliser une telle étude, nous souhaitons réaliser une étude *in vitro* sur 1 mois au sein d'un laboratoire afin de se faire une première idée de la supériorité ou l'infériorité des interfaces tangibles ambiantes fixes par rapport aux interfaces graphiques ambiantes fixes en termes d'effets sur l'attention et la conscience environnementale des utilisateurs sur la durée. Pour faire cela, nous avons à notre disposition EnergiaFlos, un SIP déployé dans le hall d'entrée du laboratoire et conçu pour sensibiliser les employés à la sobriété énergétique (i.e. Contexte et Utilisateur). Il mesure, minute par minute, la consommation d'énergie horaire du laboratoire et évalue cette consommation d'énergie en termes d'impacts environnementaux (i.e. Système). Nous disposons de deux versions de EnergiaFlos : GraphicalEnergiaFlos (voir Figure 4b) et TangibleEnergiaFlos (voir Figure 4a). GraphicalEnergiaFlos utilise une interface graphique ambiante alors que TangibleEnergiaFlos utilise une interface tangible ambiante. GraphicalEnergiaFlos représente les impacts environnementaux de la consommation d'énergie horaire du laboratoire par une fleur graphique qui s'ouvre et se ferme progressivement chaque minute et qui est dessinée sur un grand écran (i.e. Interface) alors que TangibleEnergiaFlos représente cette information par une fleur mécanique qui s'ouvre et se ferme progressivement chaque minute (i.e. Interface). Plus le laboratoire est sobre en énergie dans l'heure écoulée, plus la fleur est ouverte. À l'inverse, plus le laboratoire est énergivore dans l'heure écoulée, plus la fleur est fermée. Pour évaluer l'attention des utilisateurs sur la durée, nous pensons employer une méthode quantitative comme compter les regards vers l'interface et les personnes qui s'y rapprochent. Pour évaluer que les utilisateurs restent conscients des conséquences de leur comportement sur la durée, nous pensons employer une méthode qualitative comme interviewer les utilisateurs de manière ponctuelle (tous les 3 à 5 jours) pour leur demander quand et comment est-ce qu'ils ont évalué la consommation d'énergie horaire du laboratoire la dernière fois qu'ils ont aperçu l'interface.

CONCLUSION

Comment peut-on utiliser la tangibilité pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique au-delà des espaces domestiques ? Dans cet article, nous présentons l'état de nos travaux concernant l'identification et l'évaluation des propriétés des interfaces tangibles rendant les SIPs plus efficaces pour persuader et, notamment, pour promouvoir la sobriété énergétique sur les espaces collectifs et/ou publics. Pour le domaine de la persuasion technologique pour la maîtrise de l'énergie, notre analyse de la bibliographique révèle une faible présence de travaux concernant les interfaces tangibles et les espaces collectifs et publics et révèle également que l'impact probable du type d'interfaces sur l'efficacité des SIPs n'a pas été pris en considération. Suite aux résultats de l'analyse bibliographique, un cadre de recherche pour le domaine de la persuasion technologique a été défini (voir Figure 3). Ce cadre nous a permis de raffiner le positionnement du projet de thèse et d'orienter nos futurs travaux de recherche. Dans l'avenir, nous chercherons à concevoir une méthode pour évaluer l'impact du type d'interfaces sur l'efficacité d'un SIP et à vérifier, à l'aide d'une étude *in vitro* et *in vivo*, que les interfaces tangibles ambiantes fixes attirent plus l'attention des utilisateurs sur la durée que les interfaces graphiques ambiantes fixes, permettant ainsi aux SIPs de maintenir plus facilement les utilisateurs conscients des conséquences de leur comportement sur la durée.

BIBLIOGRAPHIE

1. Sara Backlund, Magnus Gyllenswärd, Anton Gustafsson, Sara Ilstedt Hjelm, Ramia Mazé, and Johan Redström. 2007. Static ! The aesthetics of energy in everyday things. In *Proceedings of Design Research Society Wonderground International Conference 2006*.
2. Steven A Beebe, Susan J Beebe, Mark V Redmond, and others. 2011. *Interpersonal communication*. Allyn & Bacon.
3. Joëlle Coutaz. 2013. Essai sans prétention sur l'Interaction Homme-Machine et son évolution. *Bulletin de la Société Informatique de France* 1 (2013), 15–33. <https://hal.inria.fr/hal-00953363>
4. Maxime Daniel, Guillaume Rivière, Nadine Couture, and Stéphane Kreckelbergh. 2016. An Analysis of Persuasive Technologies for Energy Demand Side Management. In *Actes De La 28IÈMe ConfÉrence Francophone Sur L'Interaction Homme-Machine (IHM '16)*. ACM, New

- York, NY, USA, 197–210. DOI :
<http://dx.doi.org/10.1145/3004107.3004111>
5. Brian J. Fogg. 1998. Persuasive Computers : Perspectives and Research Directions. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '98)*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, USA, 225–232. DOI :
<http://dx.doi.org/10.1145/274644.274677>
 6. Brian J. Fogg. 2002. Persuasive Technology : Using Computers to Change What We Think and Do. *Ubiquity* 2002, December, Article 5 (dec 2002). DOI :
<http://dx.doi.org/10.1145/764008.763957>
 7. Juho Hamari, Jonna Koivisto, and Tuomas Pakkanen. 2014. Do Persuasive Technologies Persuade ? - A Review of Empirical Studies. In *Proceedings of the 9th International Conference on Persuasive Technology (PERSUASIVE'14)*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 118–136. DOI :
http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5_11
 8. Lorenz Hilty, Wolfgang Lohmann, and Elaine M Huang. 2011. Sustainability and ICT - An overview of the field. *Notizie di Politeia* 27, 104 (2011), 13–28. DOI :
<http://dx.doi.org/10.5167/uzh-55640>
 9. Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer. 1997. Tangible Bits : Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97)*. ACM, New York, NY, USA, 234–241. DOI :
<http://dx.doi.org/10.1145/258549.258715>
 10. négaWatt. 2016. Scénario négaWatt. (2016). Retrieved May 14, 2016 from
<http://www.negawatt.org/scenario/decouverte>.
 11. James Pierce and Eric Paulos. 2012. Beyond Energy Monitors : Interaction, Energy, and Emerging Energy Systems. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 665–674. DOI :
<http://dx.doi.org/10.1145/2207676.2207771>
 12. James O. Prochaska, Carlo C. DiClemente, and John C. Norcross. 1992. In search of how people change : applications to addictive behaviors. *American psychologist* 47, 9 (1992), 1102–1114. DOI :
<http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.47.9.1102>
 13. Guillaume Rivière and Stéphane Kreckelbergh. 2012. La StationENR pour sensibiliser aux énergies renouvelables par la modélisation de micro-réseaux. In *Ergo'IHM 12*. 63–66.
 14. Oren Zuckerman. 2015. Objects for Change : A Case Study of a Tangible User Interface for Behavior Change. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 649–654. DOI :
<http://dx.doi.org/10.1145/2677199.2687906>

Identification et représentation des erreurs humaines dans les modèles de tâches

Racim FAHSSI

IRIT – Université Paul Sabatier

31400, Toulouse, France

fahssi@irit.fr

RÉSUMÉ

Les modèles de tâches sont des éléments importants lors d'une démarche d'une conception centrée utilisateurs, car ils fournissent un support pour décrire les objectifs et les activités des utilisateurs, permettant ainsi aux spécialistes des facteurs humains de garantir et d'évaluer l'efficacité des applications interactives. Comme les erreurs des utilisateurs ne font pas partie de l'objectif de l'utilisateur, elles ne sont en général pas décrites dans les modèles de tâches. Plusieurs méthodes (telles que **HET**, **SHERPA**) utilisent des notations de modélisation de tâches afin d'effectuer une analyse systématique des erreurs potentielles. Cependant, ces erreurs sont décrites séparément, et ne sont pas directement intégrées dans les modèles de tâches. Cette non-intégration soulève des questions telles que l'exhaustivité des descriptions ou l'identification des erreurs combinées. Nous estimons que la représentation des erreurs humaines de manière explicite et systématique dans les modèles de tâches contribue à la conception et l'évaluation de systèmes interactifs tolérants aux erreurs. Sur la base de l'analyse des classifications d'erreurs humaines existantes, nous proposons plusieurs extensions à des techniques de modélisation des tâches existantes, afin de représenter explicitement et d'identifier systématiquement tous les types d'erreur humaine.

Mots Clés

Modèle de tâches, erreur humaine.

ACM Classification Keywords

H.5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous; See <http://acm.org/about/class/1998> for the full list of ACM classifiers. This section is required.

INTRODUCTION

La première étape d'une conception centrée utilisateurs est une analyse des besoins exprimés par un ou des modèles de tâches [4]. Ces modèles soutiennent la description des objectifs et des activités des utilisateurs, et permettent ainsi

aux spécialistes des facteurs humains de garantir et d'évaluer l'efficacité des applications interactives. Cette approche d'analyse et de modélisation de tâches a toujours mis l'accent sur la représentation explicite du comportement standard de l'utilisateur, laissant ainsi l'analyse d'erreur de l'utilisateur pour une phase ultérieure du processus d'une conception centrée utilisateur [2]. Ceci s'explique par le fait que les erreurs humaines ne font pas partie des objectifs des utilisateurs et qu'ils sont donc exclus de la description des tâches.

Bien que l'analyse des tâches nécessite une grande quantité de ressources, elle est fondamentale pour la constitution d'une base d'information pour aider à la compréhension globale du comportement des utilisateurs. Lors de cette analyse des tâches, les comportements peu fréquents ou anormaux des utilisateurs ne sont pas souvent pris en compte. Cependant, pour pouvoir concevoir un système tout en prenant en compte, de manière efficace, la tolérance aux erreurs humaines, c'est exactement sur ce point (analyse de erreurs) que l'accent doit être mis. Au-delà des aspects liés à la facilité d'utilisation, dans les systèmes critiques, le coût d'une erreur de l'opérateur pourrait coûter cher en termes de moyens financier et/ou humain, et c'est la raison pour laquelle les méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine (**HRA** « Human Reliability Assessment »), telles que **HET** « Human Error Template » [**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**] ou **SHERPA** « Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach » [6], fournissent des moyens pour identifier les erreurs humaines potentielles. Ces approches se basent généralement sur l'analyse des tâches, afin de relier les objectifs aux comportements erronés des utilisateurs. Cependant, elles exploitent toutes des techniques de description de tâches peu expressives (telles que **HTA** « Hierarchical Task Analysis » [1]), ne permettant pas de produire des descriptions temporelles qualitatives et quantitatives.

Dans cet article, nous présentons les travaux effectués durant les deux années de thèse, qui ont mené à la proposition d'une version modifiée du processus **HET**, et à l'enrichissement de la notation de description de modèles de tâches **HAMSTERS** (Human – centered Assessment and Modeling to Support Task Engineering for Resilient Systems)

[**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**] avec la description d'erreurs humaines, ainsi qu'un outil logiciel associé qui nous permettra de tester notre approche sur des systèmes interactifs réels.

Le document est structuré comme suit. La deuxième section présente une vue d'ensemble des résultats obtenus d'un état de l'art sur les travaux liés à l'erreur humaine, les méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine et les techniques de modélisation des tâches. La troisième section présente les extensions proposées pour répondre à la problématique que nous venons de décrire. La quatrième section présente les limites et les activités prévues pour la suite de cette thèse. La dernière partie de cet article le conclut.

ETAT DE L'ART

Nous avons étudié les principaux concepts liés aux erreurs humaines, ainsi que les approches existantes pour les analyser. Cette activité de recherche s'est divisée en trois phases. La première phase a permis l'analyse et l'étude des processus et méthodes pour identifier les erreurs humaines dans les systèmes sociotechniques. La seconde phase a permis d'analyser les différentes taxonomies des erreurs humaines. Enfin, la dernière phase a permis d'identifier les besoins d'extension des modèles de tâches. Les principes de ces trois phases sont détaillés dans les sous-sections suivantes ; pour des raisons de places, nous ne détaillerons pas les résultats (ceux-ci sont en partie présentés dans [7]).

Phase 1 : Analyse des processus d'identification d'erreurs humaines

De nombreuses techniques ont été proposées pour identifier les erreurs humaines (et leurs conséquences) qui peuvent se produire dans un contexte particulier. Dans cette phase de l'état de l'art, nous avons étudié ces différentes techniques et méthodes d'identification d'erreurs humaines et en les comparant par rapport aux critères suivants :

- **Type de technique** : correspond au domaine scientifique auquel la technique est liée. Les types peuvent être **HEI** (Human Error Identification), **DC** (Dependable Computing), **SA** (Safety Analysis) ...
- **Technique de description de tâches associée** : technique utilisée par la technique pour décrire les tâches utilisateur (par exemple, **HTA**) ;
- **Prise en charge d'outils pour l'analyse et la modélisation de tâches** : disponibilité d'un outil logiciel fournissant un appui pour l'application de la technique ;
- **Classification d'erreur associée** : classification d'erreur humaine (par exemple la classification de Reason [11]) utilisée par la technique pour identifier les erreurs potentielles ;
- **Capacité à traiter les combinaisons d'erreur** : la technique fournit-elle un moyen explicite pour identifier les combinaisons possibles d'erreurs ?

- **Outil logiciel associé** : la technique est-elle supportée par un outil logiciel.

Phase 2 : Analyse des taxonomies des erreurs humaines

Plusieurs contributions dans le domaine des facteurs humains portent sur l'étude des processus humains internes ; ceux-ci peuvent conduire à des actions qui peuvent être perçues comme erronées d'un point de vue externe. Dans les années 1970, Norman, Rasmussen et Reason ont proposé des théories pour analyser l'erreur humaine. Norman, a proposé une classification des différents types de ratés (Slips) [10]. Rasmussen a proposé un modèle de performance humaine qui distingue trois niveaux : Automatismes, Règles et Connaissances (modèle Skills-Rules-Knowledges **SRK**) (en français : Automatismes-Règles-Connaissances) [12]. Ce modèle prend en charge le raisonnement sur les erreurs humaines possibles et a été utilisé pour classer les types d'erreur, dont la majorité des taxonomies apparues se base sur le même raisonnement. Contrairement à Hollnagel[8], qui a proposé la distinction entre l'action erronée que l'on peut observer (qui est le phénotype de l'erreur), et la cause pouvant contribuer à l'apparition d'une action erronée (qui est le génotype de l'erreur). Pour illustrer cette notion de phénotype et génotype, on prend comme exemple l'utilisation d'un distributeur automatique de billet, un phénotype pourra être le signalement à l'utilisateur que le code est erroné par le système, et le génotype pourra être un appui intentionnel sur une autre touche. Plusieurs autres classifications ont été proposées, chacune d'elle est liée à des domaines particuliers. Le travail de cette phase de l'état de l'art a consisté à les répertorier et les classer par rapport aux domaines d'utilisation et du niveau de raffinement des types d'erreurs.

Phase 3 : Identification des besoins d'extension des modèles de tâches

La puissance expressive de la notation de modélisation de tâches a un impact direct sur la façon dont les modèles de tâches, produits avec ces notations, sont susceptibles de soutenir l'identification des erreurs [7]. Beaucoup de notations de modélisation des tâches ont été proposées, en se concentrant sur la représentation des comportements des utilisateurs standards ; laissant de côté, la plupart du temps, les comportements erronés. Cette phase de l'état de l'art a consisté à effectuer une comparaison des notations de modélisation de tâches, afin d'évaluer (en fonction de leur puissance expressive) leur capacité à identifier et à représenter les erreurs humaines. Pour chaque notation, les informations suivantes ont été mises en évidence :

- **Identification de l'erreur humaine** : la notation fournit-elle un support pour établir systématiquement une relation entre un élément du modèle de tâches, et un composant

d'un modèle de traitement de l'information humaine, ou un modèle de performance humaine ?

- **Représentation explicite de l'erreur humaine** : la notation fournit-elle un support pour représenter systématiquement l'erreur humaine liée à une information dans un modèle de tâches ?
- **La représentation explicite de récupération d'erreur** : la notation fournit-elle un support pour représenter explicitement les tâches de récupération d'erreur, c'est-à-dire permet la description de l'ensemble des actions à effectuer afin d'atteindre encore l'objectif quand une erreur survient ?

APPROCHE PROPOSEE

Les trois phases de l'état de l'art nous ont permis d'identifier les insuffisances des techniques d'identification des erreurs humaines existantes pour répondre à la problématique décrite dans l'introduction. Nous avons plus particulièrement identifié deux insuffisances : i) pouvoir identifier les erreurs humaines à partir de modèle de tâches de manière systématique, et ii) pouvoir les représenter dans les modèles de tâches. Pour répondre à cette problématique, nous avons proposé une extension de la technique **HET** (voir Figure 1). Le nouveau processus étendu fournit un support pour identifier les génotypes et phénotypes des erreurs humaines possibles [8], en intégrant des descriptions d'erreur dans les modèles de tâches qui ont été produits pour décrire les activités des utilisateurs. Il est important de noter que sur cette figure, toutes les modifications apportées par rapport au processus original ont été explicités en utilisant différentes nuances de gris.

Le processus étendu permet d'identifier et de représenter systématiquement les erreurs humaines, en parcourant le modèle de tâches, et en utilisant un tableau de correspondances défini par l'utilisateur. Ce processus étendu commence, comme le processus **HET**, par une phase d'analyse et de description des tâches. Cependant, dans le cas du processus étendu, les modèles de tâches produits sont raffinés, afin de représenter les tâches perceptives, cognitives et motrices, ainsi que les informations et les connaissances nécessaires pour effectuer les tâches. Ces modèles tirent pleinement parti de la puissance expressive de la notation **HAMSTERS** [Erreur ! Source du renvoi introuvable.].

La seconde étape dans le processus étendu exploite un tableau de correspondance tâche/type de génotype. Ce tableau est prédéfini par rapport aux résultats de recherche obtenus dans la phase 2 de l'état de l'art, et pouvant être enrichi suivant le domaine d'application pour fournir un support pour l'identification systématique des génotypes associés à la tâche perceptive, cognitive, motrice et interactive d'entrée, mais aussi pour lier les phénotypes. La probabilité et la criticité d'un génotype sont insérées en tant que propriétés de l'instance du génotype représenté. Ceci est réalisé dans l'outil **HAMSTERS** par des propriétés spécifiques associées aux génotypes. De même, la probabilité et la criticité d'un phénotype peuvent également

être décrites en utilisant les propriétés de l'occurrence d'un phénotype représenté. La probabilité d'un phénotype peut être une combinaison de la probabilité des génotypes associés. Une fois que tous les génotypes et phénotypes possibles ont été identifiés et décrits dans le modèle de tâches, la technique d'identification et de représentation

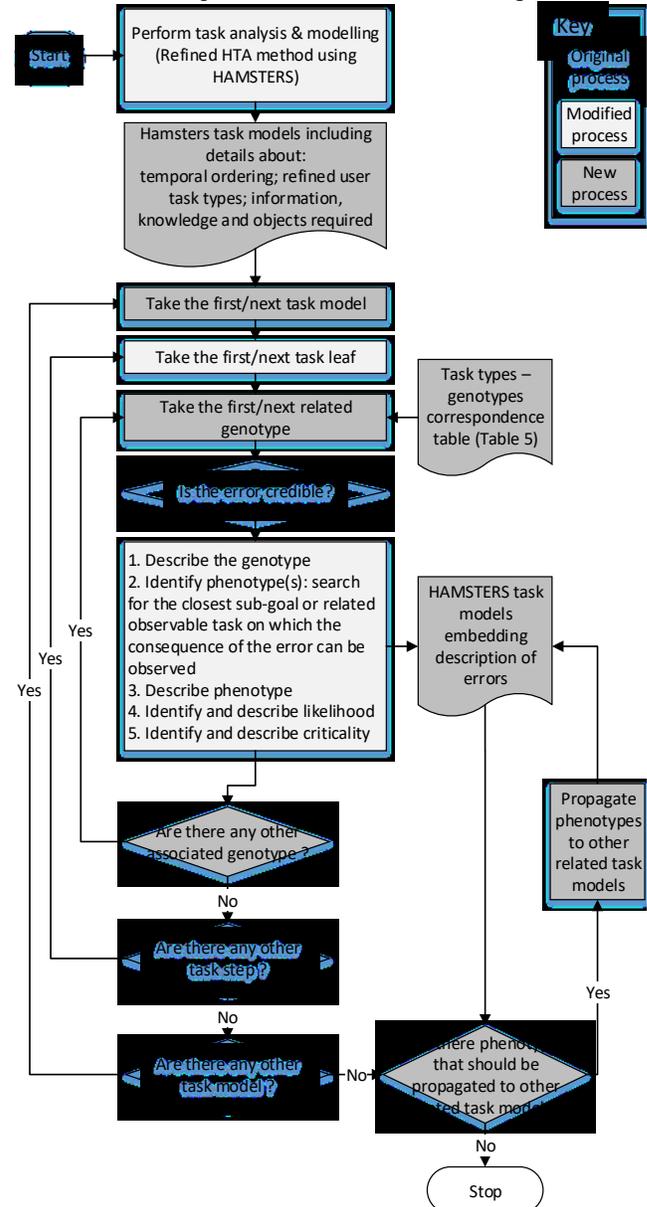


Figure 1. Processus d'identification d'erreurs humaines étendu à partir de HET [Erreur ! Source du renvoi introuvable.]

d'erreur humaine est appliquée au modèle de tâches suivante. Une fois que tous les modèles ont été analysés, une dernière étape est effectuée (voir l'activité en bas à gauche sur la Figure 1) afin de déterminer, pour chaque modèle de tâches intégrant des descriptions d'erreur humaine, quels phénotypes peuvent être propagées à d'autres modèles de tâches.

PERPECTIVE

Les modèles de tâches enrichis avec des descriptions d'erreurs, rassemblent un grand nombre d'informations, qui pourraient diminuer leur compréhensibilité et leur modifiabilité. Actuellement, nous privilégions l'expressivité de la notation à la lisibilité et la compréhensibilité. Ces deux aspects sont actuellement traités au niveau de l'outil, en fournissant des mécanismes de filtrage pour masquer (de façon temporaire) des informations des modèles.

L'objectif principal de cette approche est de fournir un support aux activités de conception lorsque les conceptions sont sujettes à des erreurs identifiées. Cette conception se ferait par un processus itératif de conception, impliquant la co-évolution des tâches et des systèmes, tels que présentés dans [Erreur ! Source du renvoi introuvable.], mais les coûts de développement sont nettement plus élevés. Ceci est la raison pour laquelle une telle approche serait également utile pour fournir un support aux activités de certification dans les systèmes critiques. Par exemple, comme indiqué dans [5] CS25-1302 annexe E 1-F-1, " Les commandes du poste de pilotage doivent être installés pour permettre l'accomplissement de ces tâches, et les informations nécessaires pour accomplir ces tâches doivent être fournies " et dans CS 25-1309 "les contrôles et les indications doivent être conçus pour minimiser les erreurs de l'équipage, ce qui pourrait créer des risques supplémentaires". Ce document CS 25 contient une liste d'exigences qui doivent être remplies pour que les constructeurs d'avions passent avec succès grâce à des processus de certification (qui sont gérés par les autorités de régulation et / ou des tiers). Les deux exigences soulignées, montrent que la certification ne peut être passée avec succès, sans l'utilisation d'une description complète et sans ambiguïté dans les tâches de l'opérateur, et en veillant à ce que le système n'est pas sujet à des erreurs.

CONCLUSIONS

Notre approche consiste à prendre en compte le comportement anormal des utilisateurs, de manière systématique, par l'extension de travaux antérieurs dans le domaine de la modélisation des tâches et d'analyse et l'identification d'erreur humaine.

Nous avons proposé l'utilisation de plusieurs classifications des erreurs humaines et les avons intégrés dans un processus d'analyse et de modélisation utilisant une extension de la notation de modélisation de tâches Hamsters. Ces extensions permettent de représenter explicitement les génotypes et phénotypes des erreurs de l'opérateur, et de décrire leurs relations.

Dans le cadre d'un projet en collaboration avec AIRBUS, nos contributions sont appliquées à des études de cas de la vie réelle dans le domaine de l'aéronautique, démontrant la plupart des aspects des contributions.

Comme il est indiqué dans la section perspective, ce travail est destiné aux activités de certification des systèmes critiques.

Cependant, grâce à l'outil HAMSTERS, l'approche est également applicable à d'autres domaines où les erreurs sont nuisibles, en termes de vie humaine, économique, ...

BIBLIOGRAPHIE

1. Annett, John. "Hierarchical task analysis." Handbook of cognitive task design 2 (2003): 17-35.
2. Baber, Chris, and Neville A. Stanton. "Task analysis for error identification: a methodology for designing error-tolerant consumer products." Ergonomics 37.11 (1994): 1923-1941.
3. Barboni, Eric, Ladry, Jean-François, Navarre, David, et al. Beyond modelling: an integrated environment supporting co-execution of tasks and systems models. In : Proceedings of the 2nd ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems. ACM, 2010. p. 165-174.
4. Diaper, Dan. "Understanding task analysis for human-computer interaction." The handbook of task analysis for human-computer interaction (2004): 5-47.
5. EASA CS 25: Certification for large Aeroplanes. 2007. <http://www.easa.europa.eu/agency-measures/certification-specifications.php#CS-25>
6. Embrey, D. E. "SHERPA: A systematic human error reduction and prediction approach." Proceedings of the international topical meeting on advances in human factors in nuclear power systems. 1986.
7. Fahssi, Racim, Célia Martinie, and Philippe Palanque. "Enhanced Task Modelling for Systematic Identification and Explicit Representation of Human Errors." Human-Computer Interaction. Springer International Publishing, 2015.
8. Hollnagel, Erik. "The phenotype of erroneous actions." International Journal of Man-Machine Studies 39.1 (1993): 1-32.
9. Martinie, Célia, Palanque, Philippe, Ragosta, Martina, et al. Extending procedural task models by systematic explicit integration of objects, knowledge and information. In : Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics. ACM, 2013. p. 23.
10. Norman, Donald A. "Categorization of action slips." Psychological review 88.1 (1981): 1.
11. Reason, James. Human error. Cambridge university press, 1990.
12. Rasmussen, Jens. "Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models." IEEE transactions on systems, man, and cybernetics 3 (1983): 257-266.
13. Stanton, Neville A., Harris, Don, Salmon, Paul M., Demagalski, Jason M., Marshall, Andrew, Young, Mark S., Dekker, Sidney W. A. et Waldmann, Thomas. Predicting design induced pilot error using HET

(human error template)-A new formal human error identification method for flight decks. *Aeronautical Journal*, 2006, vol. 110, no 1104, p. 107-115.

Interactions au regard pour l'activation de commandes dans des menus

Romain Grosse

UTC/Safran

60200, Compiègne, France

romain.grosse@utc.fr

RÉSUMÉ

Les méthodes d'interaction actuelles (boutons) ne permettent pas aux utilisateurs de communiquer simplement et efficacement avec les systèmes optroniques de Safran E&D. Les qualités de l'œil (rapidité, mouvements liés au processus cognitif, disponibilité) laissent penser que le regard serait une modalité d'interaction adaptée. Mais l'interaction au regard n'est pas un problème trivial, il existe plusieurs méthodes d'interaction au regard différentes, et nous pensons que la méthode optimale est dépendante de facteurs liés à la tâche, à l'utilisateur ou au type d'interface graphique utilisée.

Mots Clés

IHM ; méthodes d'interaction ; suivi du regard ; multimodalité ; interface graphique.

ABSTRACT

Currently used interaction methods (buttons) don't seem to be sufficient to communicate with Safran Electronic and Defense's optronical systems. The pros of the eye (speed, link to the main cognitive thread, availability) let us assume that eye-tracking could be the modality these products need. However, eye-gaze based interaction is not trivial and several interaction methods already exist. We assume that the performances of these methods are maybe linked to the type of user, his main task or to the type of graphical interface used.

Author Keywords

HCI; interaction techniques; eye gaze; eye tracking; multimodal; graphical user interface.

ACM Classification Keywords

H.5.2. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Input devices and strategies.

INTRODUCTION

La conception d'une interface homme-machine vise à définir les protocoles de communication entre un système et un ou plusieurs utilisateurs afin que le système soit utilisable de manière simple et sûre. Pour cela, le concepteur peut avoir à déterminer parmi l'ensemble des interactions existantes, quelles sont celles qui correspondent le mieux aux besoins de l'utilisateur. C'est une tâche difficile, tout d'abord car les différents critères d'évaluation des performances d'une interaction sont souvent contradictoires. La loi de Fitts montre par exemple que le temps nécessaire à la sélection d'un élément est fonction décroissante de la taille de cet élément. Il est alors nécessaire d'effectuer un compromis entre rapidité d'exécution et taille de la zone de visualisation

utile. L'évaluation de ces performances est une tâche demandant beaucoup de ressources. Ainsi, pour aider à la conception d'interfaces, plusieurs axes de recherche sont développés.

Le premier axe consiste en l'évaluation de méthodes d'interaction de manière empirique. Il s'agit de créer une base de connaissance des meilleures pratiques en fonction de cas d'utilisation et même d'extrapoler les résultats pour déterminer les caractéristiques précises d'une interaction expliquant telle ou telle performance [18] [19].

Le second axe est lié à l'étude de l'opérateur, il consiste à identifier les caractéristiques de l'utilisateur et de sa tâche afin de déterminer par la suite ce qu'il lui est possible de réaliser [1] [11] [16].

Le troisième axe consiste à proposer des modèles d'interaction [23] dont le but est triple [2] : décrire au mieux les interfaces existantes afin de mieux les comprendre, améliorer l'évaluation des différentes interactions, et aider les concepteurs d'interactions à choisir les méthodes optimales.

Différentes méthodes d'interaction au regard ont été étudiées depuis, mais le choix de l'interaction à privilégier n'est toujours pas un problème trivial. En utilisant de manière transversale les trois axes, nous voulons proposer une analyse des liens entre les performances d'une méthode d'interaction et son contexte de réalisation afin de faciliter la conception d'interfaces au regard dépendantes du contexte.

La description de ce contexte de réalisation comprend une modélisation de l'utilisateur, de sa tâche ainsi que de l'interaction, selon des critères impactant les performances de l'utilisation d'une méthode d'interaction.

ETAT DE L'ART

Interaction au regard

Dans la littérature, deux types d'interaction au regard se distinguent. Les interactions actives et les interactions attentives. Une interaction attentive tire profit des informations de mouvements naturels du regard de l'utilisateur afin de proposer automatiquement une réponse du système au comportement de l'utilisateur. Le MAGIC pointing [31] permet d'améliorer la vitesse de pointage à la souris en faisant apparaître le curseur dans la zone regardée. Idict [13] est une interface permettant de donner

automatiquement des précisions à l'utilisateur lors de la lecture d'un texte en fonction des mouvements oculaires. Une interaction active consiste en un mouvement conscient de l'œil afin d'initier une action sur une interface graphique. L'utilisation triviale du regard comme modalité active d'interaction pose certains problèmes : difficulté à dissocier l'observation de l'utilisateur d'une éventuelle intention d'interaction (Midas Touch [15]), difficulté pour un utilisateur d'avoir un contrôle total sur les mouvements de son regard [27] ou encore précision maximale limitée à environ 0.5° d'angle à cause des micromouvements de l'œil [11]. Afin de spécifier l'intention d'interaction de la part de l'utilisateur, plusieurs méthodes d'exécutions sont apparues :

- Le Dwell-Time, temps d'attente sur un élément pour l'activer fut l'une des premières tentatives [29]. Le temps d'attente peut être paramétré, plus il est long, moins les avantages de l'utilisation du regard en terme de vitesse seront conséquents, plus il est court, plus le problème du Midas Touch se fera ressentir. Valeur typique : 450-1000 ms. [20] [15].
- Les gestes oculaires qui consistent en le « tracé » d'une forme avec le regard [14] [10]. Certains gestes sont inexistant dans les mouvements naturels d'un utilisateur [6], limitant le nombre d'activation intempestives. Les gestes sont plus utilisés pour le déclenchement de commandes directes que pour la sélection étant donné que durant la manipulation, aucune information ne peut être récupérée par l'œil [Noise Challenges in Mono-modal Gaze Interaction]
Les « singles-stroke gestures » peuvent être considérées comme une sous-catégorie de geste, elles consistent en certaines zones périphériques de l'interface qui sont activées immédiatement lorsque regardées [22] [17].
- Le Dwell-Time déporté, semblable au Dwell-Time mais qui est effectué sur un artefact de l'élément d'interface plutôt que sur l'élément à proprement parler. Le sous élément peut être présent en permanence ou apparaître sous condition (regard sur l'élément de base, commande externe) [26] [24].
- L'activation au bouton de l'élément regardé, introduite assez rapidement. Les cas dans lesquels la méthode est plus performante que le Dwell-Time restent encore à préciser [22].

D'autres méthodes ont été étudiées mais peu approfondies : l'utilisation du clignement d'un ou des deux yeux [12], le contrôle de la dilatation de sa pupille [7], le couplage du regard avec une interface cerveau-machine [30], la parole [3], ou les muscles faciaux [12].

Une question importante est de savoir si l'interaction au regard est plus rapide [21] ou plus lente [9] que l'interaction à la souris, mais dans tous les cas, l'interaction au regard implique un taux d'erreur plus important et demande un effort de concentration supplémentaire sur le contrôle de son regard. Ainsi, la plupart des travaux conduisant à des résultats encourageants ne vise pas à remplacer la souris par

le regard, mais à découvrir des niches d'application, ou le regard sera une méthode d'interaction adaptée.

CONTEXTE APPLICATIF

Les produits d'optronique Safran Electronics & Defense (jumelles, viseurs,...) partagent des problématiques d'interaction avec les appareils de réalité augmentée ou de réalité virtuelle actuels. Les applications étant variées, les méthodes classiques d'interaction (clavier, souris, manette) ne sont pas toujours appropriées aux besoins des applications. Les produits optroniques embarquent un nombre croissant de fonctionnalités, et l'intégration de celles-ci dans une interface simple d'utilisation est un problème complexe. En effet, l'augmentation du nombre de fonctions dans les systèmes pose la question des limitations de l'interaction basée sur des périphériques mécaniques seuls (boutons). De par son caractère naturel, sa rapidité et sa disponibilité dans les produits concernés, le regard est une modalité d'interaction pouvant améliorer l'interaction Homme-Machine en termes de fluidité et d'efficacité.

Ainsi, l'interaction au regard pourrait améliorer l'utilisabilité des systèmes de plusieurs manières : en améliorant la rapidité d'exécution des commandes les plus disponibles, en facilitant l'accès à des commandes non-directement disponibles ou encore en effectuant du pilotage d'algorithmes. Nos travaux se concentrent sur le second point, à savoir l'amélioration de l'accessibilité de commandes secondaire en proposant des méthodes d'interaction au regard dans des menus.

CONTRIBUTION

Comme nous avons pu le voir, il existe différentes méthodes d'interaction au regard qui diffèrent dans leurs points forts et leur point faibles et dont les performances ne sont pas accordées au fil de la littérature. Notre hypothèse est que les performances des différentes méthodes d'interaction varient en fonction du contexte de réalisation de l'action. Nous proposons une décomposition de ce contexte, orienté par la tâche de sélection dans un menu, afin d'identifier facilement les contraintes imposées par notre contexte applicatif ainsi que les dimensions sur lesquelles le concepteur peut influencer. Notre but va être d'étudier l'impact en termes de performances des différents critères du contexte de réalisation.

Impact du contexte de réalisation d'une commande au regard

Le contexte de réalisation de la commande représente l'ensemble des facteurs extérieurs non-modifiables au moment de la conception de l'interface car ils sont indépendants de la conception. Notre modèle du contexte de réalisation est une modification du contexte décrit dans [5]. Ainsi, on définit le contexte comme la somme des quatre dimensions suivantes : l'utilisateur, la tâche, la plateforme et l'environnement.

- L'utilisateur est caractérisé par plusieurs éléments : son aisance visuelle, c'est à dire la rapidité de son regard et sa capacité à le contrôler, son expertise dans la tâche,

son niveau d'expertise dans l'utilisation d'interaction au regard, la contrainte qu'il favorise (temps vs précision), sa stratégie de recherche dans un menu ainsi que son état psychologique (fatigue, stress, etc.)

- La tâche représente les caractéristiques liées à l'action effectuée : la charge cognitive associée, la fréquence de réalisation, l'impact d'une erreur ou encore le caractère statique ou dynamique de la tâche utilisateur.
- La plateforme est divisée en deux sous-catégories : le hardware et le software. Le hardware décrit le matériel utilisé ainsi que l'ensemble des contraintes associées (puissance de calcul, consommation, etc.) et est laissée de côté dans cette étude. Le software est composé des algorithmes bas-niveaux de suivi du regard et de critères liés à la représentation graphique des éléments d'un menu. Ces éléments sont : la représentation sémantique (icône ou texte), le nombre d'éléments, la persistance temporelle des éléments du menu, le type de représentation graphique (linéaire ou circulaire) ainsi que la localisation du menu.
- L'environnement représente le contexte physique dans lequel se déroule l'utilisation du système. Une étude supplémentaire doit être réalisée afin de caractériser quels critères de l'environnement pourraient impacter les performances des différentes méthodes.

En étendant les travaux de Nigay [28] sur la modélisation des interfaces multimodales en sortie, nous proposons une décomposition d'une interaction en entrée présentée en figure 2. Une interaction en entrée est donc composée de la façon suivante :

- Une ou plusieurs modalités d'interaction, définies par Nigay comme l'association d'un dispositif physique et d'un langage d'interaction. Un exemple de dispositif physique est la souris, à laquelle est associée la manipulation directe d'un pointeur comme langage.
- Une méthode d'exécution (parfois appelée commande) utilisant cette/ces modalités. La méthode d'exécution représente la technique utilisée par l'utilisateur pour communiquer avec le système. Pour la souris, cela peut être le clic ou le double-clic par exemple.
- Une représentation graphique, décomposé en une apparence statique, ainsi qu'une partie dynamique

appelée comportement. La caractéristique circulaire d'un menu par exemple représente l'apparence, le fait qu'un bouton soit un push button ou un *toggle button* représente son comportement.

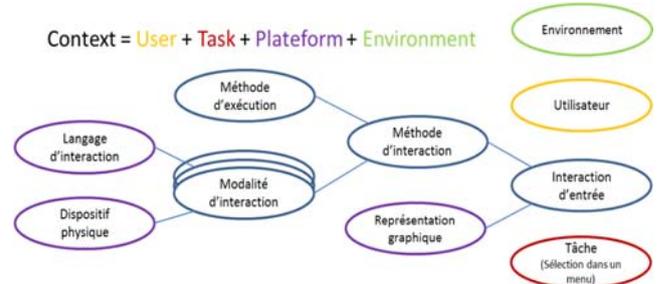


Figure 1. Décomposition d'une interaction d'entrée et contexte d'activation.

La figure 2 rappelle aussi les différents axes du contexte. Le but de nos travaux est d'évaluer les performances des méthodes d'exécution d'une commande avec ce contexte. Les performances sont définies par le temps d'exécution, le taux d'erreur et l'appréciation générale d'une méthode d'exécution.

Il est important de noter que les axes descriptifs du contexte proposés ne sont pas totalement orthogonaux. L'environnement par exemple peut affecter directement l'état psychologique de l'utilisateur, faire évoluer les paramètres liés à la tâche (fréquence, charge cognitive) ou modifier les performances du dispositif physique. Dans le cas d'un système de suivi du regard, la présence de reflet diminue la qualité du suivi du regard par exemple.

Il serait possible d'évaluer le couple *Méthode d'exécution-Représentation graphique* plutôt que de considérer la représentation graphique comme un élément du contexte. Lors de la conception, le choix du type de représentation graphique est souvent directement lié à la tâche à réaliser. Dans le cas où l'on souhaite donner plusieurs choix de méthodes d'interaction pour tâche unique, le choix de la représentation graphique peut être fait sans prendre en compte les performances des méthodes d'exécutions. C'est par exemple le cas si on cherche à ajouter l'utilisation du regard comme modalité d'interaction à une interface déjà existante. La plateforme est alors dépendante de la tâche. Le

Absence visuelle utilisateur	Charge cognitive	Contrainte principale de l'utilisateur	Stratégie de recherche dans le menu	Fréquence d'activation	Impact de l'action déclenchée	Sémantique des éléments du menu	Persistance graphique du menu	Représentation graphique	Position du menu
Rapide	Importante	Précision	Novice	Élevée	Faible	Texte	Persistant	Linéaire	Excentrée
			Expérimenté		Moyen				
Moyenne	Normale	Rapidité	Expert	Faible	Fort	icône	Éphémère	Circulaire	Centrée
				Critique					

Figure 2. Critères du contexte de réalisation d'une commande au regard pouvant avoir un impact sur les performances des méthodes d'activation.

type de représentation graphique choisi est aussi dépendant de l'utilisateur (un utilisateur expert ayant besoin de moins d'indications) ou de l'environnement (nécessité d'une homogénéité des interfaces de plusieurs produits).

Il existe aussi un lien étroit entre l'utilisateur et les caractéristiques liées à la tâche. Un utilisateur expert peut effectuer des actions avec une fréquence plus élevée ou plus facilement s'abstraire d'une erreur de manipulation dont l'impact faible. L'ensemble des critères présentés sont alors sujets à hypothèse ou à restriction.

Activation du sous-élément d'un menu

Deux uses cases opérationnels nous permettent de nous concentrer sur la sélection d'un sous-élément dans un menu.

Le premier use-case consiste à activer une fonctionnalité d'un système. Le nombre de fonctionnalité étant grand, les fonctions sont séparées en différentes catégories et accessibles via un menu. L'activation de la fonction nécessite alors l'ouverture du premier niveau d'un menu représentant la catégorie de la fonction, puis de la sélection de la fonction elle-même. Par exemple l'utilisateur veut choisir le type de visualisation de scène dans une jumelle. Il sélectionne la catégorie visualisation, puis choisit entre une visualisation normale, infrarouge, noir & blanc, etc. Une autre possibilité est la sélection d'un paramètre pour une fonction. L'utilisateur veut effectuer un traitement d'image avec une fréquence à déterminer, le choix de ce paramètre se fait au déclenchement de la fonction parmi un jeu de fréquence donné à l'aide d'un sous-menu.

Le second use-case consiste en une caractérisation de points. Il s'agit de préciser différentes caractéristiques d'un objet. Un exemple de caractérisation est le standard APP-6A de l'OTAN. Les différentes caractéristiques à spécifier sont : l'affiliation, la dimension, le type d'unité et la taille de l'unité. Le choix de la caractéristique à spécifier est alors équivalent à l'ouverture d'un sous-menu, puis le choix de la valeur de cette caractéristique est équivalent à la sélection d'un sous-élément.

L'action de l'utilisateur consiste alors en une suite de deux sous actions : ouvrir le sous-menu associé à un élément de l'interface puis activer une de ses déclinaisons.

Activation d'un élément d'un menu de profondeur 2

- 1-Ouverture du menu
- 2-Recherche visuelle et prise de décision
- 3-Sélection d'un élément
- 4-Activation de l'élément/Ouverture du sous-menu
- 5-Recherche visuelle et prise de décision
- 6-Sélection d'un élément
- 7-Activation de l'élément final

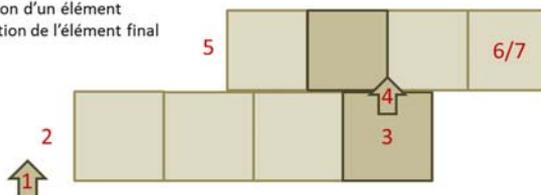


Figure 3. Activation d'un sous-élément d'un élément d'interface.

Dans une décomposition de la tâche telle que celle proposée par Bowman [4], il est possible de voir l'action soit comme l'enchaînement de 7 sous actions élémentaires issues de [8]. L'utilisation du suivi du regard impacte les étapes 1, 4 et 7. Il est alors possible de répondre à ces besoins indépendamment en associant une méthode d'exécution à chacune de ces trois étapes. Cela génère un espace de conception pour cette interaction. Il est aussi possible de considérer une méthode complexe permettant de répondre à l'ensemble de la tâche de sélection.

PERSPECTIVES

Etant donné le nombre de paramètres pouvant influencer sur les performances des méthodes d'activation, nous allons nous concentrer sur les aspects liés à la représentation graphique. Les autres critères permettront la restriction du périmètre de nos études. Un travail doit être effectué pour définir précisément les caractéristiques de l'environnement et de l'utilisateur. Une fois ceci fait, nous étudierons la différence des performances de différentes méthodes d'exécution entre les menus linéaires et les menus circulaires. Ces questions de performances, souvent abordées pour d'autres modalités d'interaction, ne l'ont pas été pour l'interaction au regard.

Nous émettons l'hypothèse, à vérifier, que l'appui bouton comme méthode de spécification de l'intention sera préférée dans le cadre d'actions isolées, mais surement génératrice de faux positifs dans le cas d'actions reflexe ou d'actions enchaînées.

Nous aimerions aussi vérifier l'hypothèse selon laquelle l'interaction triviale au regard pourra être utilisée dans certains cas précis où l'enjeu de l'action est faible et la cible de l'action déportée de la zone visualisée (i.e. ouverture du sous-menu sur un bord de l'espace de visualisation).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Antti Aaltonen, Aulikki Hyrskykari, and Kari-Jouko Räihä, "101 spots, or how do users read menus?," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1998, pp. 132-139.
- [2] Michel Beaudouin-Lafon, "Designing interaction, not interfaces," in *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, 2004, pp. 15-22.
- [3] Richard A. Bolt, "Put-that-there": *Voice and gesture at the graphics interface.*: ACM, 1980, vol. 14.
- [4] Doug Bowman, "The science of interaction design," *ACM SIGGRAPH Course Notes*, 2000.
- [5] Gaëlle Calvary, Joëlle Coutaz, David Thévenin, Laurent BOuilon, Quentin Limbourg, Jean Vanderdonckt, "A unifying reference framework for multi-target user interfaces," *Interacting with computers*, vol. 15, pp. 289-308, 2003.
- [6] Heiko Drewes and Albrecht Schmidt, "Interacting with the computer using gaze gestures," in *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*, 2007, pp. 475-488.
- [7] Inger Ekman, Antti Poikola, Meeri Mäkäräinen, Tapio Takala, and Perttu Hämäläinen, "Voluntary pupil size change as control in eyes only interaction," in *Proceedings of the 2008 symposium on Eye tracking research & applications*, 2008, pp. 115-118.
- [8] Bailly Gilles, "Techniques de menus: Caractérisation, Conception et Evaluation," Université Joseph-Fourier-Grenoble I, Ph.D. dissertation 2009.
- [9] John Paulin Hansen, Anders Sewerin Johansen, Dan Witzner Hansen, Kenji Itoh, and Satoru Mashino, "Command without a click: Dwell time typing by mouse and gaze selections," in *Proceedings of Human-Computer Interaction--INTERACT*, 2003, pp. 121-128.
- [10] Henna Heikkilä and Kari-Jouko Räihä, "Speed and accuracy of gaze gestures," *Journal of Eye Movement Research*, vol. 3, p. 1, 2009.
- [11] Kenneth Holmqvist et al., *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures.*: OUP Oxford, 2011.
- [12] Anke Huckauf and Mario H. Urbina, "On object selection in gaze controlled environments," *Journal of Eye Movement Research*, vol. 2, p. 4, 2008.
- [13] Aulikki Hyrskykari, *Eyes in attentive interfaces: Experiences from creating iDict, a gaze-aware reading aid.*: Tampereen yliopisto, 2006.
- [14] Howell Istance, Aulikki Hyrskykari, Lauri Immonen, Santtu Mansikkamaa, and Stephen Vickers, "Designing gaze gestures for gaming: an investigation of performance," in *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications*, 2010, pp. 323-330.
- [15] Robert J. K. Jacob, "Eye movement-based human-computer interaction techniques: Toward non-command interfaces," *Advances in human-computer interaction*, vol. 4, pp. 151-190, 1993.
- [16] Daniel J. Liebling and Susan T. Dumais, "Gaze and mouse coordination in everyday work," in *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication*, 2014, pp. 1141-1150.
- [17] Christof Lutteroth, Moiz Penkar, and Gerald Weber, "Gaze vs. Mouse: A Fast and Accurate Gaze-Only Click Alternative," in *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology*, 2015, pp. 385-394.
- [18] I. Scott MacKenzie and Shaidah Jusoh, "An evaluation of two input devices for remote pointing," in *Engineering for human-computer interaction.*: Springer, 2001, pp. 235-250.
- [19] I. Scott MacKenzie, Tatu Kauppinen, and Miika Silfverberg, "Accuracy measures for evaluating computer pointing devices," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 2001, pp. 9-16.
- [20] Päivi Majaranta, Ulla-Kaija Ahola, and Oleg Špakov, "Fast gaze typing with an adjustable dwell time," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2009, pp. 357-360.
- [21] T. Miyoshi and A. Murata, "Input device using eye tracker in human-computer interaction," in *Robot and Human Interactive Communication, 2001. Proceedings. 10th IEEE International Workshop on*, 2001, pp. 580-585.
- [22] Emilie Mollenbach, "Selection strategies in gaze interaction," © Emilie Mollenbach, Ph.D. dissertation 2010.
- [23] Donald A. Norman and Stephen W. Draper, "User centered system design," *New Perspectives on Human-Computer Interaction*, L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ, 1986.
- [24] Takehiko Ohno, "Features of eye gaze interface for selection tasks," in *Computer Human Interaction*,

1998. *Proceedings. 3rd Asia Pacific*, 1998, pp. 176-181.

- [25] Henrik Skovsgaard, "Noise challenges in monomodal gaze interaction," Citeseer, Ph.D. dissertation 2012.
- [26] M. Tall, "Neovisus: Gaze driven interface components," in *Proceedings of the 4rd Conference on Communication by Gaze Interaction (COGAIN 2008)*, 2008, pp. 47-51.
- [27] Jan Theeuwes, Arthur F. Kramer, Sowon Hahn, and David E. Irwin, "Our eyes do not always go where we want them to go: Capture of the eyes by new objects," *Psychological Science*, vol. 9, pp. 379-385, 1998.
- [28] Frederic Vernier and Laurence Nigay, "A framework for the combination and characterization of output modalities," in *International Workshop on Design, Specification, and Verification of Interactive Systems*, 2000, pp. 35-50.
- [29] Colin Ware and Harutune H. Mikaelian, "An evaluation of an eye tracker as a device for computer input2," in *ACM SIGCHI Bulletin*, vol. 17, 1987, pp. 183-188.
- [30] Thorsten O. Zander, Matti Gaertner, Christian Kothe, and Roman Vilimek, "Combining eye gaze input with a brain-computer interface for touchless human-computer interaction," *Intl. Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 27, pp. 38-51, 2010.
- [31] Shumin Zhai, Carlos Morimoto, and Steven Ihde, "Manual and gaze input cascaded (MAGIC) pointing," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, 1999, pp. 246-253.

Acceptabilité de la réalité augmentée : cas d'étude chez les enseignants en chimie

Julie Henry (julie.henry@unamur.be)

PRreCISE research Center - University of Namur, Belgium

RÉSUMÉ

Cet article présente la phase exploratoire d'une recherche doctorale visant à identifier les facteurs facilitateurs et les freins à l'adoption de systèmes de réalité augmentée, et d'interfaces tangibles en particulier, par les enseignants. La méthodologie de recherche, inspirée de la méthode par théorisation ancrée, se veut itérative et tient en quatre étapes : analyse, design, prototypage (centré utilisateur) et évaluation. Les résultats d'enquêtes contextuelles préliminaires auprès d'enseignants et d'experts en didactique sont décrits. Un premier prototype est en cours de développement.

Mots Clés

Acceptabilité ; interfaces tangibles ; réalité augmentée ; dispositif pédagogique ; méthode par théorisation ancrée.

ACM Classification Keywords

H.5.1. Multimedia Information Systems: Artificial, augmented, and virtual realities; H.5.2. User Interfaces: Evaluation/methodology

INTRODUCTION

À l'heure actuelle, l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les salles de classe constitue un passage obligé. En Belgique francophone, comme ailleurs, les discours politiques vont dans ce sens : l'école doit intégrer la "*révolution numérique*" [8]. Depuis plus de quinze ans, les plans d'équipement technologique destinés aux écoles de la Région Wallonne se succèdent. Outre les ordinateurs fixes et portables distribués, l'Agence Wallonne des Télécommunications annonce, dans son rapport sur l'équipement TIC des écoles de Wallonie publié en 2013, que 13% des classes disposent soit d'un tableau numérique interactif soit d'un vidéoprojecteur et que 5% disposent d'au moins une tablette [9]. Des chiffres qui ont probablement encore augmenté depuis.

Pourtant, le numérique peine à entrer dans les usages éducatifs [24]. Équiper les écoles ne suffit pas, l'enseignant a un rôle majeur à jouer. En effet, ce dernier ne sera en mesure d'organiser la révolution numérique au sein de sa classe que s'il adopte les TIC dans son travail quotidien.

Cet article s'intéresse à l'identification de facteurs facilitateurs

et de freins à l'adoption d'une technologie, et en particulier de systèmes de réalité augmentée, par les enseignants.

Dans un premier temps, une mise en contexte est faite à travers les concepts d'acceptabilité/acceptation et d'orchestration. Ensuite, une description de la méthodologie de recherche est proposée. Enfin, les premiers résultats sont discutés.

CONTEXTE

Si les écoles wallonnes sont plutôt bien équipées, les TIC utilisées en classe restent sous-utilisées ou sous-exploitées. La formation des enseignants est une cause souvent évoquée pour expliquer ces constats [17]. Elle n'est évidemment pas la seule. Selon Dillenbourg, l'introduction d'une nouvelle technologie dans le milieu scolaire génère deux comportements erronés : la surgénéralisation des effets accordés à cette technologie et la surestimation de ces effets [11]. Les conséquences qui en résultent sont logiquement négatives : les enseignants se découragent d'utiliser cette technologie, deviennent sceptiques vis-à-vis d'elle, voire même craignent de devoir l'utiliser un jour.

Si les méta-analyses menées depuis les années 80 indiquent que les TIC n'ont pas d'impact significatif sur la réussite scolaire des élèves, ces mêmes TIC soulèvent cependant beaucoup d'espoirs en terme de motivation des élèves et d'approches pédagogiques différentes. Le rôle des enseignants dans des dispositifs incluant les TIC devient alors crucial.

L'intégration des TIC par les enseignants au sein de leur classe se ferait en quatre étapes principales [15] : découverte, adoption, appropriation (intégration pédagogique) et création (utilisation innovante). Si la découverte représente "*l'utilisation personnelle des outils numériques*", l'adoption est, elle, définie comme "*l'utilisation professionnelle*" de ces mêmes outils. À noter que les TIC n'ont une influence notable sur la pédagogie que si les enseignants dépassent le stade de ces deux premières étapes. Dès lors, il est important d'identifier les facteurs qui conduisent un enseignant à adopter (et donc utiliser dans sa classe) une nouvelle technologie.

Acceptabilité et acceptation

Différents modèles permettent de définir les facteurs facilitateurs (ou les freins) à l'adoption d'une technologie. Le TAM (Technology Acceptance Model) [7] et l'UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) [26] sont parmi les plus connus.

Une lecture rapide de l'évolution au cours du temps de ces modèles montre une prise de conscience de l'importance du contexte. Ainsi, dans sa dernière version, le TAM prend en compte l'expérience, l'auto-efficacité estimée, l'anxiété et la joie perçues, la pression sociale et organisationnelle, les condi-

tions facilitatrices (ressources à disposition) et la résistance au changement [23]. L'UTAUT, dans sa première version, intégrant déjà des dimensions telles que l'influence sociale et les conditions facilitatrices (toutes deux figurant dans la version 2016 du modèle TAM). Venkatesh va plus loin en déclarant que ce modèle devraient, dans le futur, idéalement se concentrer sur l'identification de facteurs émanant directement du contexte (environnement, situation, organisation, etc.) [27].

Réalité augmentée, orchestration et chimie

La réalité augmentée, particulièrement dans sa modalité haptique (interfaces tangibles) [18], se voit régulièrement attribuer un potentiel pédagogique, notamment en sciences [4, 28, 22, 2]. Comparée à des initiatives sans réalité augmentée, les expériences avec réalité augmentée ont rapporté des effets positifs chez les élèves aux niveaux de la compréhension du contenu, de la mémorisation, du transfert, de la collaboration et de la motivation. Ces résultats sont toutefois à nuancer, d'autant que des effets négatifs sont également évoqués. En effet, une expérience avec réalité augmentée nécessiterait une plus grande attention et serait perçue comme plus difficile à utiliser [22]. Ainsi, l'expérience de réalité augmentée appliquée à l'enseignement de la chimie menée par Fjeld [14, 13] met en avant des **difficultés d'ordre expérimental** : difficulté de manipulation et problèmes de visualisation (profondeur, occultation durant les manipulations). À noter que cette expérience a été conduite avec des élèves en fin de secondaire. Les concepts de base étaient donc connus (pas forcément compris). Ne sont donc pas considérées ici les **difficultés d'ordre théorique** (liées aux savoirs des élèves). Que pourrait-on conclure si une telle expérience était utilisée dans un contexte d'introduction à la chimie (et donc avec des élèves n'ayant aucun savoir en chimie) ? Comment un élève se représenterait-il l'atome ? Les études décrivant les **difficultés théoriques** sont nombreuses [20, 12, 5].

Autre effet négatif à souligner, qui ne touche pas seulement l'élève, la réalité augmentée s'intégrerait mal dans la classe [22]. Ce constat fait notamment appel à des notions de design. En effet, bien avant les critères d'ordre pédagogique (pouvant mettre à jour des **difficultés d'ordre méthodologique**), les contraintes de la classe (temps, discipline, évaluation, curriculum, énergie et espace) sont à considérer en termes de design [6]. Dillenbourg définit ainsi le concept d'orchestration [10]. Selon lui, l'informatique destinée à la classe doit pallier des **difficultés expérimentales** en étant contrôlable (et, par là, replacer l'enseignant au centre des interactions), visible (réifiée et matérialisée), relativement flexible, plus physique que virtuelle (à savoir intégrée) et préférer un certain minimalisme.

Adoption des TIC dans l'enseignement : quels facteurs issus du contexte ?

Si la nécessité de prendre en compte la complexité de la classe dans le design d'une technologie est admise [25, 6], les travaux mixant à la fois orchestration et acceptabilité/acceptation sont rares. Il serait par conséquent intéressant de poursuivre des recherches en ce sens, d'autant que la prise en compte du contexte est plus que suggérée comme extension au modèle UTAUT [27].

Il s'agirait dès lors d'étudier l'adoption des TIC, et plus particulièrement de systèmes de réalité augmentée, dans le milieu

éducatif en suivant une approche itérative combinant sensibilité théorique, éléments empiriques (entretiens/témoignages et observations) et prototypage. L'objectif d'une telle étude est l'identification de facteurs facilitateurs et de freins, particulièrement issus du contexte, à cette adoption.

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie choisie pour mener à bien cette recherche est la méthode par théorisation ancrée (Grounded Theory Method) [16]. Cette méthode de recherche implique la construction de théorie à travers l'analyse de données qualitatives (observations, enregistrements, etc.), de données quantitatives et d'un mélange des deux. Idéalement, les phases de problématisation, de collecte de matériau, d'analyse des matériaux collectés et de rédaction des résultats de l'analyse se déroulent en parallèle.

Public-cible

Cette recherche concerne les enseignants de façon générale. Cependant, le choix a été fait de travailler avec un public restreint, à savoir uniquement des enseignants en sciences chimiques en fonction dans l'enseignement secondaire inférieur et supérieur de la Belgique francophone.

Le domaine de la chimie se justifie d'une part par l'existence de nombreuses expériences avec réalité augmentée [3, 13, 19, 21, 1] témoignant de l'intérêt de cette technologie dans un contexte éducatif.

Un autre public-cible intéressant est également considéré : les experts en didactique et les élèves. Les experts devraient être capables de souligner les difficultés didactique devant être prises en compte pour garantir une intégration réussie de la réalité augmentée dans les classes. La confrontation des expériences (citées ci-dessus) et des discours d'experts concernant l'apprentissage de la chimie (cfr. plus bas) devraient inspirer des solutions tangibles pour supporter l'enseignement de ce domaine.

Protocole

Le protocole de recherche est itératif et consiste en quatre phases :

- analyse
- design
- prototypage
- évaluation

La phase d'analyse consiste à dégager, à partir des données de terrain (interviews et observations), des catégories (codage primaire), à les organiser entre elles pour en retirer des concepts abstraits (codage axial) qui permettront de construire progressivement une théorie (codage sélectif).

Appliqué à notre contexte de recherche, il s'agira de définir/augmenter un modèle permettant d'identifier les facteurs influençant l'adoption par un enseignant d'un système de réalité augmentée.

Plusieurs prototypes de réalité augmentée vont être développés (**prototypage**). La méthode par théorisation ancrée présentant des similitudes avec l'approche de design centré utilisateur (UCD), c'est logiquement une approche intégrant les méthodes UCD qui est envisagée pour la création des prototypes. Ainsi, tout prototype soumis à au public-cible (enseignants et experts) sera modifié en prenant en compte au mieux leurs retours (exprimés lors d'entretiens individuels semi-directifs).

La phase de collecte des données de terrain est donc organisée durant (1) le **design** du prototype et (2) la présentation de ce dernier au public-cible (**évaluation**). Ces deux étapes seront itérées jusqu'à l'obtention d'un prototype satisfaisant le public-cible.

Une ultime étape d'utilisation du prototype par l'enseignant dans le cadre d'un cours de chimie accueillant des élèves pourra alors être envisagée. Cette étape sera filmée et fera l'objet d'une démarche d'autoscopie (avec l'enseignant ayant dispensé le cours), voire d'hétéroscopie (avec d'autres enseignants issus ou non de l'échantillon).

RÉSULTATS À CE JOUR

Enquêtes contextuelles

Dans le cadre d'une étude préalable à cette recherche, trois entretiens libres ont été menés : un premier avec un enseignant en sciences chimiques en fonction dans l'enseignement secondaire supérieur, les deux autres avec des chercheurs en didactique de la chimie enseignant cette même branche en Haute École (à des futurs enseignants du secondaire inférieur) et à l'Université (à des futurs enseignants du secondaire supérieur).

Tous ont souligné les difficultés rencontrées par les élèves lors de l'apprentissage des concepts de base de la chimie que sont l'atome, la molécule et la liaison chimique. Ces difficultés, éprouvées relativement tôt dans le parcours scolaire de l'élève, engendrent logiquement d'autres : transformation chimique, équation de réactivité, stoechiométrie, mole, etc. L'enseignant du secondaire supérieur a notamment témoigné de la nécessité de réexpliquer régulièrement ces concepts pourtant censés être acquis à ce stade du cursus. Les chercheurs en didactique ont, pour leur part, rapporté combien ils insistaient sur les stratégies d'enseignement concernant ces points de matière auprès des futurs enseignants.

L'aspect majeur augmentant la complexité de ces concepts et rendant difficile leur appropriation par les élèves est leur degré d'abstraction très élevé. En effet, ces concepts sont invisibles et impalpables. Leur enseignement, comme leur apprentissage, nécessite donc des efforts d'imagination et de conceptualisation importants, d'autant plus qu'ils sont peu liés à l'expérience. Dès lors, la réalité augmentée dans sa modalité haptique pourrait s'avérer être une solution plus qu'intéressante. À la question de savoir si une telle technologie pourrait aider à l'enseignement de ces concepts, les trois personnes rencontrées, bien que non-initiales à la réalité augmentée, se sont montrées enthousiastes.

Prototype

Un prototype permettant de lancer les études envisagées plus haut est en cours de création. Il a été inspiré par les entretiens libres menés avec les enseignants/didacticiens en chimie. Le but de ce prototype est de représenter de manière tangible les atomes et la façon dont ceux-ci s'associent (liaisons chimiques) pour constituer la matière.

L'aspect tangible de l'interface permettra de garantir aux enseignants un dispositif pédagogique pouvant être utilisé autant en "offline" qu'avec un affichage surimpression.

Le matériel utilisé dans la création du prototype se basera dans la mesure du possible sur du matériel acquis dans le cadre des programmes d'équipement cités dans l'introduction.

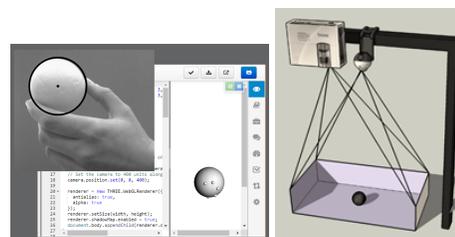


Figure 1. Un premier prototype en développement

Le prototype en cours de création est composé d'une caméra vidéo, d'un système de reconnaissance et de suivi d'objets, d'un (ou plusieurs) objets déclencheurs et du contenu supplémentaire qui sera superposé à la réalité de façon visuelle. Dans sa version actuelle, ce prototype utilise OpenCV¹ pour la localisation des atomes.

CONCLUSION ET TRAVAUX FUTURS

Cet article a présenté la phase exploratoire de travaux visant à identifier les facteurs facilitateurs et les freins à l'adoption de systèmes de réalité augmentée, et d'interfaces tangibles en particulier, par les enseignants du secondaire.

Si le potentiel pédagogique des systèmes de réalité augmentée est reconnu, cette technologie peine à entrer dans les usages éducatifs. Dans le domaine de la chimie, de nombreuses expériences témoignent pourtant de l'intérêt d'une telle technologie, notamment lorsqu'il s'agit de s'approprier des concepts présentant un haut degré d'abstraction (atome, molécule, liaison chimique). Mais équiper une salle de classe n'est pas suffisant, il faut également convaincre l'enseignant. Ce dernier a, en effet, un rôle majeur à jouer : il est le point d'entrée de cette technologie dans la classe.

Les premiers résultats d'enquêtes contextuelles ont été discutés, témoignant de difficultés rencontrées dans l'apprentissage/enseignement de la chimie et permettant d'exprimer un besoin. Ainsi, les entretiens menés auprès d'enseignants et de didacticiens en chimie ont inspiré le développement d'un premier prototype d'aide à l'apprentissage de cette discipline.

L'acceptabilité d'un système de réalité augmentée sera mesurée, de façon qualitative, à travers entretiens/témoignages et observations. Le prototype créé représentant de manière tangible des concepts de base en chimie sera soumis à une évaluation par des enseignants de la discipline. Les retours ainsi obtenus permettront de faire évoluer ce prototype avant une nouvelle itération d'évaluation, et ce jusqu'à l'obtention d'un prototype satisfaisant les enseignants. Ceux-ci seront alors amenés à le tester en conditions réelles d'enseignement, lors d'un cours de chimie accueillant des élèves. Ce même schéma sera suivi avec d'autres prototypes développés, eux aussi, dans un but d'aide à l'apprentissage en chimie.

L'ensemble des éléments empiriques collectés durant les différentes étapes devraient permettre de rendre compte fidèlement

1. <http://opencv.org>

de la façon dont les enseignants vivent et appréhendent l'intégration d'une nouvelle technologie, et plus particulièrement des systèmes de réalité augmentée.

BIBLIOGRAPHIE

1. M. Agrawal, M. Jain, V. Luthra, A. Thariyan, and K. Sorathia. 2013. ChemicAble : Tangible Interaction Approach for Learning Chemical Bonding. In *APCHI'13 Proceedings (APCHI'13)*. ACM, Bangalore, India, 416–421.
2. J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, S. Graf, and others. 2014. Augmented reality trends in education : a systematic review of research and applications. *Journal of Educational Technology & Society* 17, 4 (2014), 133.
3. Y.-C. Chen. 2006. A Study of Comparing the Use of Augmented Reality and Physical Models in Chemistry Education. In *VRCIA'06 Proceedings (VRCIA '06)*. ACM, Hong Kong, China, 369–372.
4. K.-H. Cheng and C.-C. Tsai. 2013. Affordances of augmented reality in science learning : Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology* 22, 4 (2013), 449–462.
5. C. Cormier. 2013. Au-delà de la réussite scolaire : les étudiants de Sciences comprennent-ils vraiment la chimie ? (2013).
6. S. Cuendet, Q. Bonnard, S. Do-Lenh, and P. Dillenbourg. 2013. Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education* 68 (2013), 557–569.
7. F.D. Davis, R.P. Bagozzi, and P.R. Warshaw. 1989. User acceptance of computer technology : a comparison of two theoretical models. *Management science* 35, 8 (1989), 982–1003.
8. Ministère de l'Éducation. 2015. *Pacte pour un enseignement d'excellence*. Technical Report. Fédération Wallonie-Bruxelles.
9. Agence Wallone de Télécommunications (AWT). 2013. *Équipement et usages TIC 2013 des écoles de Wallonie*. Technical Report. Agence pour l'Entreprise et l'Innovation (AEI).
10. P. Dillenbourg. 2013. Design for Classroom Orchestration. *Comput. Educ.* 69 (Nov. 2013), 485–492.
11. P. Dillenbourg and M. Evans. 2011. Interactive tabletops in education. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 6, 4 (2011), 491–514.
12. A. DUMON and A. LAUGIER. 2004. L'équation de réaction : approche historique et didactique de la modélisation de la transformation chimique. *Bulletin de l'Union des Physiciens* 98, 866 (2004), 1131–1144.
13. M. Fjeld, J. Fredriksson, M. Ejdestig, F. Duca, K. Bötschi, B. Voegtli, and P. Juchli. 2007. Tangible User Interface for Chemistry Education : Comparative Evaluation and Re-design. In *CHI'07 Proceedings (CHI '07)*. ACM, New York, NY, USA, 805–808.
14. M. Fjeld and B. Voegtli. 2002. Augmented chemistry : An interactive educational workbench. In *ISMAR'02 Proceedings*. IEEE, 259–321.
15. J.-M. Fourgous. 2012. « Apprendre autrement » à l'ère numérique. *Se former, collaborer, innover : Un nouveau modèle éducatif pour une égalité des chances*. Technical Report. Mission Parlementaire Fourgous.
16. B.G. Glaser and A.L. Strauss. 2009. *The discovery of grounded theory : Strategies for qualitative research*. Transaction publishers.
17. J. Henry and N. Joris. 2013. Maîtrise et usage des TIC : la situation des enseignants en Belgique francophone. In *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif*.
18. H. Ishii and B. Ullmer. 1997. Tangible Bits : Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms. In *CHI'97 Proceedings (CHI '97)*. ACM, Atlanta, Georgia, USA, 234–241.
19. E. Klopfer and K. Squire. 2008. Environmental Detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development* 56, 2 (2008), 203–228.
20. A. LAUGIER and A. DUMON. 2003. Obstacles épistémologiques et didactiques à la construction du concept d'élément chimique : quelles convergences ? (2003).
21. P. Maier, M. Tönnis, G. Klinker, A. Raith, M. Drees, and F. Kühn. 2010. What do you do when two hands are not enough ? interactive selection of bonds between pairs of tangible molecules. In *3D User Interfaces (3DUI), 2010 IEEE Symposium on*. IEEE, 83–90.
22. I. Radu. 2014. Augmented reality in education : a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing* 18, 6 (2014), 1533–1543.
23. J.C. Sánchez-Prieto, S. Olmos-Migueláñez, and F.J. García-Peñalvo. 2016. Informal tools in formal contexts : Development of a model to assess the acceptance of mobile technologies among teachers. *Computers in Human Behavior* 55 (2016), 519–528.
24. European Schoolnet and University of Liege. 2013. *Survey of Schools : ICT in Education. Benchmarking Access, Use and Attitudes to Technology in Europe's Schools*. Technical Report. European Commission.
25. M. Stringer, J. Ann Rode, E. F. Toye, A. F. Blackwell, and A.R. Simpson. 2005. The webkit tangible user interface : A case study of iterative prototyping. *IEEE Pervasive Computing* 4, 4 (2005), 35–41.
26. V. Venkatesh, M. G. Morris, G.B. Davis, and F.D. Davis. 2003. User acceptance of information technology : Toward a unified view. *MIS quarterly* (2003), 425–478.
27. Viswanath Venkatesh, James YL Thong, and Xin Xu. 2016. Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : A Synthesis and the Road Ahead. *Journal of the Association for Information Systems* 17, 5 (2016), 328.
28. H.-K. Wu, S. W.-Y. Lee, H.-S. Chang, and J.-C. Liang. 2013. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education* 62 (2013), 41–49.

Multiple Visual Mapping for Visualization of Large Time-Series

Ali Jabbari

Laboratoire LIG, Université Grenoble-Alpes
38058 Grenoble Cedex 9, France
ali.jabbari@imag.fr

ABSTRACT

Efficient visualization of massive temporal data sets is a current analytic challenge in many domains of business and industry. Existing visualization tools are not designed for such volumes of data and the information loss that they introduce hinders accurate analysis. In this paper, we present our work on an alteration to the common visual mapping in which every data record is mapped on more than one visual variable. We have based our work on the visual variables defined by Jacques Bertin and our approach consists in a systematic exploration of the possible new data mappings. Future user studies will evaluate the effectiveness of these new mappings in analytical performance of the users. We hypothesize that appropriate use of the new visual mapping will enhance users' understanding of the underlying data and will lead to better visual analysis of large time-series in general.

Author Keywords

Visualization; Time Series; Visual Mapping; Data Transformation.

ACM Classification Keywords

H.5.2. Information Interfaces: User Interfaces

INTRODUCTION

Context and Motivation

Time-series, sets of variables changing through continuous time, are quite prevalent in current industrial context. In micro-electronics industry, for instance, a few hundred parameters of production chain are sampled at high frequencies over extended periods of time. Despite recent advances in data mining techniques and automated data exploration tools, visualization of the measured data remains a vital tool for production monitoring and decision-making tasks in many industries and businesses. This is largely due to the high bandwidth of the human visual system in performing various analytic tasks, and also the advantages it offers to human users with uninstructed data exploration [10].

Going through the literature on information visualization, we notice that the notion of large data sets has dramatically evolved in recent years. A data set with a few thousand records was once regarded as a large data set, while today, multivariable data sets consisting of billions of records are becoming quite common in the industry and other areas.

As the volume of data and number of recorded variables increase, the visualization task becomes more and more complicated. In spite of the ever-growing advances in processing power, memory speed and capacities, and displays technologies, there are still computational limits that affect any visualization and handling of such large data sets. The volume of common data sets in some domains still surpasses the amount of available on-device memory and accessing data on external storages and servers introduces considerable lag, which could compromise interactivity and responsiveness of the visualization system [6]. Also, even with the latest high resolution screen technology, the number of available pixels that can be used to display data points is still quite few comparing to the number of data records.

However, our ability to store and process data now far exceeds the rate at which we are able to understand it [8]. Human visual system can be overwhelmed by the increasing number of displayed entities, i.e. points, lines, shapes, etc. [10] Because of that, abstraction methods are needed in order to reduce the number of displayed graphical entities and to minimize visual clutter, which eventually results in some inevitable loss of information in any visualization.

Also, time dimension has a distinct role in temporal data sets and, therefore, is addressed with special care [1]. It is present in every meaningful view of data and has varying granularities that can vary from seconds to months.

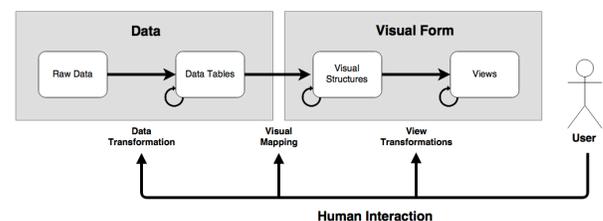


Figure 1: Interactive visualization reference model according to Card et al. Arrows from left to right show transformative steps in the visualization process. Arrows directed from the user to the transformations indicate adjustments made by human interaction.

Research Question

Any effort to reduce information loss must be done with regards to the aforementioned computational and visual limits and the distinctiveness of the temporal dimension.

Although various modification can be made in any step of the reference model (Figure 1) in order to improve visualization of large temporal data sets, we had to define our priorities and thus, the focus steps. This thesis is aimed to improve on the first two steps by exploring possible enhancements in data transformations and visual mapping. My main research question is:

"What improvements in data transformation and visual mapping can enhance user's perceived information from large temporal data sets while preserving visual, computational, and interactive constraints?"

We hypothesize a modified visual mapping and new data transformations can reduce information loss due to the large volume of data. This increased amount of perceived information will lead to better user performance in terms of accuracy, event detection and global understanding of data, and will eventually result in better analysis and decision-making.

Background and Related Work

Card et al. [5] suggest the visualization reference model as an adjustable linking from data to visual forms to the human user.

In the first step (*Data transformation*), raw data is reconstructed into a generalized form, that is *data tables*. Data tables are then converted into visual structures through the crucial process of *visual mapping*. This step consists in an assignment of data attributes to visual channels (i.e. position, color, texture etc.) [4]. Finally, these visual structures are put together by applying *view transformations* to create final views of data.

These main steps are performed considering general characteristics of human visual perception and specified user tasks and goals and can be adjusted by users's interactions. Our research interests focus on the first and second step of this process.

Data Transformation

In Bertin's [2] terminology each raw data record, or *case* is called an "object". He presents "functions" as special mathematical relationships that convert objects to variables, or "characteristics" in his terminology:

$$f(\text{Case}_i) = \langle \text{Variable}_{ix}, \text{Variable}_{iy}, \dots \rangle$$

Most common data transformation functions separate each data record into independent variables (e.g. a location record into x , y , and z variables). Some other works have proposed metadata integration for more efficient visualizations. Nocke and Schumann [9] present *descriptive* (underlying properties of a data set), *derived* (extracted from a data set), and *historical* (origin of a data set) as a classification of metadata. Although integrating metadata in data transformation increases the available information, it comes with some important constraints. These constraints require the need for a priori knowledge of the domain for descriptive metadata, extra preprocessing of

	Y, Value	Y, Hue, Value	Y, Y, Hue, Value	Further Combinations
Modulo $v = a \times k + b$	Horizon Graph [7]	Horizon Graph (variant)	Horizon Graph (variant)	?
Logarithm $v = k^x \times b$?	?	Order of Magnitude Markers [3]	?
Frequency Separation $v = HF(v) + LF(v)$	Slick Graph	Slick Graph (variant)	Wavelet Coefficients [11]	?
Further Transformations	?	?	?	?

Table 1: Possible multiple visual mappings using different decompositions of data values and combinations of visual channels. Expanding this table and systematic exploration of unaddressed cases summarize the goals of this study.

already too big data sets to derive metadata, and information about errors and uncertainty introduced due to operations previously applied to data for historical metadata.

A relatively few works have used the decomposition of data values into several "sub-values" as a form of data transformation. These transformations include modulo and logarithmic functions (first column in Table 1). The main objective of these studies has been to address the problem of varying magnitude of data values. We think that such transformations need further study for their effectiveness for large data sets. We believe that adapted transformations can reveal more information about data and will eventually improve the first step of the visualization model.

Visual Mapping

In *Semiology of graphics*, Bertin [2] describes *marks* (points, lines, areas, surfaces, and volumes) as basic units of visualization and also presents a given number of attributes through which each *mark* can be modified. These attributes are called *visual variables* and are defined by Bertin as: **Position, Size, Shape, Value, Orientation, Color, and Texture**.

Early studies have investigated different mappings of data values on to visual variables and show that human visual system does not perceive all visual variations equally [2]. For instance, certain graphical channels such as position and size are identified as best suited for quantitative perceptual tasks, while others, such as color hue and orientation, are mostly suggested for ordinal and nominal perceptual tasks. Therefore, visual variables should be chosen according to the characteristics of the data they represent.

The process of associating each data variable to a separate visual variable is called *Visual Mapping*. An alternative mapping of each data value (its *sub-values*) on to several visual variables is a technique that is not systematically studied in the literature. We call this kind of mapping, paired with data value decomposition presented earlier, *Multiple Visual Mapping*. We believe that the use of multiple visual mapping can improve users' understanding of data and, hence, is a domain worth a systematic research.

a \ b	Y	Hue	Saturation	Value	Pattern	Size
Y						
Hue						
Saturation						
Value						
Pattern						
Size						

Table 2: A systematic overview of possible combination of visual variables for a given data transformation (Here, Euclidean division: $v = a \times M + b$) Each sub-value is mapped onto a separate visual variable. In case of combination of the same visual variables, those have been shown in two separate spaces.

RESEARCH GOALS AND METHODS

Our goal is to study the effectiveness of multiple visual mapping for better understanding of temporal data and so, we propose an investigation of possible implementations of such mappings. While some existing techniques in literature use some sorts of multiple mapping (Table 1), other cases remain unexplored and need evaluation for their potential effectiveness.

The possible multiple visual mappings are not limited to those presented in Table 1. Therefore, instead of addressing individual empty cells, we propose a systematic review that covers all possible multiple visual mappings. This means for any given decomposition function, we generate all possible combinations of Bertin's visual variables, each mapped on to one of the decomposed sub-values of data. A scheme of such systematic view is shown in Table 2. We have removed *Shape* variable because of its minimum interest for visualization of abstract temporal data.

With addition of interactive configuration, user will be able to explore the whole multidimensional design space of multiple visual mapping.

We think this approach paves the road for better evaluation of the effectiveness of the multiple mapping in general. We expect that the outcome of this step will provide a configurable exploration tool that helps visualization users investigate the potential benefits of multiple visual mapping for their visualization tasks and data analysis.

While the uninstructed visual exploration is one of the advantages of such tool, final users should be provided with a recommended subset of all possible representations that are the most relevant to their tasks and analytical objectives. Hence, the next step of this work is a user study that evaluates the effectiveness of multiple mapping for defined analytic tasks. The outcome of this step will provide a subset of recommended representations that are proven to improve analytic performance of users in their tasks, while preserving the ability of exploring the whole palette of possible representations.

RESEARCH STATUS

Current Progress

The first step of my thesis was to undertake a comprehensive research on the state of the art in visualization of time-series. The outcome of this study is a report that provides readers with an overview of existing visualization techniques and criteria for visualization design.

Following that, we investigated all possible combination of visual variables for a given data decomposition (Table 2). The data decomposition function used here is the euclidean division, which results in a (quotient) and b (remainder). We should note that among all these possibilities, *Horizon Graph* (Saturation + Position) is the only case that has been studied for its effectiveness in literature.

Next, we have started to create configurable software prototypes that let users interactively explore these new possibilities.

User can modify parameters such as the selected decomposition function, visual variables' fine parameters, etc. Figure 2 shows a first prototype that implements one column of Table 2 for a test data set (The line curve on top of the table). Users can customize the visualizations thanks to interactive widgets placed in a configuration panel.

Currently, we work on completing our prototypes for the whole mapping space, as well as improving the interactive configurability.

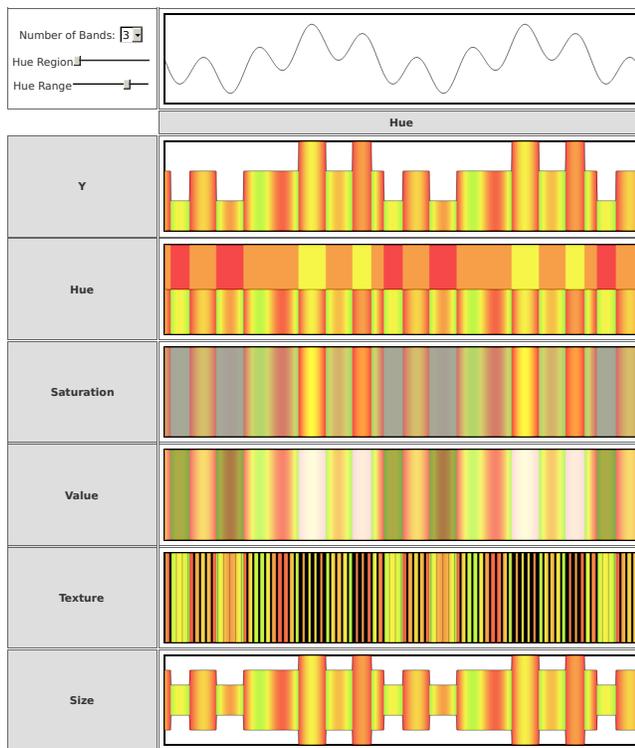


Figure 2: A view of the under development software prototype that lets user explore different decompositions and mapping of data using a configuration panel.

Future Work

In the next step, we will identify the recurring tasks that users perform on such data sets. In order to reduce the number of trials, we will only test those multiple mapping implementations that are most relevant to users' tasks and objectives. Then, we will conduct user studies in which users are asked to perform the identified analytical tasks, for instance, finding maximum and minimum, comparing values at two given points, and detecting categorical changes in magnitude (data value crossing a fixed limit). We will compare users' performance using classic visual mapping and multiple mapping in terms of accuracy, speed, etc.

EXPECTED CONTRIBUTION

We expect that results from our studies will validate our hypothesis that applying multiple visual mapping to visualization

techniques will increase the volume of communicated information, or put differently, reduce the information loss. We believe that the outcome of this thesis will offer systematic guidelines for improved visual mapping, and would be a step toward enhancing users' analytical performance in dealing with large time-series.

REFERENCES

1. Wolfgang Aigner, Silvia Miksch, Heidrun Schumann, and Christian Tominski. 2011. *Visualization of time-oriented data*. Springer Science & Business Media.
2. Jacques Bertin. 1983. *Semiology of graphics: diagrams, networks, maps*. University of Wisconsin press.
3. Rita Borgo, Joel Dearden, and Mark W. Jones. 2014. Order of Magnitude Markers: An Empirical Study on Large Magnitude Number Detection. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 20, 12 (2014), 2261–2270. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2014.2346428>
4. Stuart Card and Jock Mackinlay. 1997. The structure of the information visualization design space. *Information Visualization, 1997. ... (1997)*, 92–99. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/INFVIS.1997.636792>
5. Stuart Card, Jock Mackinlay, and Ben Shneiderman. 1999. *Readings in information visualization: using vision to think*. Morgan Kaufmann.
6. Alan Dix and Geoff Ellis. 2002. By Chance - Enhancing Interaction with Large Data Sets Through Statistical Sampling. *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces (2002)*, 167–176. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/1556262.1556289>
7. Jeffrey Heer, Nicholas Kong, and Maneesh Agrawala. 2009. Sizing the horizon: the effects of chart size and layering on the graphical perception of time series visualizations. *CHI '09 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, April 2009 (2009)*, 1303–1312. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/1518701.1518897>
8. Daniel Keim, Jörn Kohlhammer, and Geoffrey Ellis. 2010. Mastering the Information Age: Solving Problems with Visual Analytics, Eurographics Association. (2010).
9. Thomas Nocke and Heidrun Schumann. 2002. Meta data for visual data mining. *Proceedings Computer Graphics and Imaging, CGIM 2 (2002)*.
10. Kristin Potter, Paul Rosen, and Chris R. Johnson. 2012. From quantification to visualization: A taxonomy of uncertainty visualization approaches. *IFIP Advances in Information and Communication Technology 377 AICT (2012)*, 226–247. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-32677-6_15
11. Jon Woodring and Han Wei Shen. 2009. Multiscale time activity data exploration via temporal clustering visualization spreadsheet. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 15, 1 (2009), 123–137. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2008.69>

Interactive Transitions for Map Applications

María-Jesús Lobo

INRIA ; Univ Paris-Sud & CNRS ; Univ Paris-Saclay

maria-jesus.lobos@inria.fr

ABSTRACT

Geographical Information Systems (GIS) bring together data from multiple, complementary sources and combine them into multi-layered maps. Users working in various domains, such as crisis management and geographic database maintenance, use those visualizations to gain insight and correlate data. However, existing GIS and cartography tools only provide basic techniques to combine layers such as superposition and juxtaposition that do not support users effectively in their tasks. This thesis explores novel ways of combining multiple and heterogeneous layers. First we report the results of an empirical study comparing five existing map comparison techniques. Then, we introduce MapMosaic, a set of interaction techniques that are based on a dynamic visual compositing model and that could improve user experience when exploring multi-layer representations. Finally, we explore how animations can be used to better display geographical evolution in satellite imagery.

Author Keywords

Geovisualization ; Animations ; Maps

ACM Classification Keywords

H.5.2 User Interfaces - Graphical user interfaces.

THESIS SUBJECT

Geographic Information Systems organize data into thematic layers that offer different perspectives on the real-world. Those layers can be very heterogeneous in both nature (vector graphics or raster images) and content (dense or sparse, symbolic or realistic), and can visually interfere with one another. They can hold any type of geo-located data, ranging from cloud cover to road networks and live traffic conditions. Distinct layers may hold different types of features (e.g., roads, topographic contour lines), but may also show the same features, emphasizing different characteristics thereof (e.g., road type vs. traffic conditions).

Geovisualization tools must thus offer means to composite layers. In some scenarios, this only implies placing symbols on top of a base map, as in many Web-based mashups. But when combining denser layers or comparing feature-rich maps of the same region, this simple method no longer works. More elaborate visual composition strategies [4] are called for.

This thesis aims at designing novel transitions to facilitate relating several geographical layers. We define a transition as a multiplexing operation, that takes as input two or more map

representations of the same area, and outputs an interactive graphical scene that either combines those representations (*space multiplexing*) or sequences them using smooth animations (*time multiplexing*). In this report, we present the results gathered until now. First, we designed an experiment to evaluate which existing techniques are more efficient to compare different geographical layers. Then we introduced a set of interactive techniques to perform space multiplexing across geographical layers, enabling compositing in layers that vary in nature and content. Finally, we use temporal multiplexing to design rich transitions between satellite images aimed at revealing specific geographical processes.

AN EVALUATION OF INTERACTIVE MAP COMPARISON TECHNIQUES

In our first project [8], we identified and characterised five interactive map comparison techniques based on the existing literature, interviewing GI experts and reviewing some prominent web sites.

Techniques

Figure 1 shows the five evaluated techniques. Using Juxtapose (JX) the two images show the same geographical region in two different viewports. Translucent Overlay (OV) overlays both maps and enables users to adjust the opacity of the upper layer, so as to see the lower layer through it. Using Swipe (SW) both layers remain fully opaque, and users 'swipe' (or push and pull) the upper layer above the lower one, revealing more of one or the other. Blending Lens (BL) uses a more elaborate version of a magic lens [1] [10] to show the lower layer in a locally-bounded region around the cursor. Offset Lens (OL) is a variant of the Drag-Mag [13]. It follows the same approach as BL, except that the two images are juxtaposed instead of being spatially aligned.

User Study

We designed a controlled experiment in which users had to compare orthoimagery with topographic maps to better un-

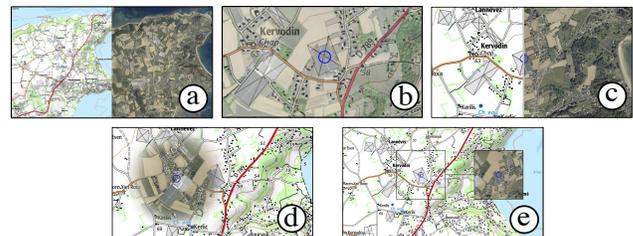


Figure 1. Five map comparison techniques evaluated : (a) Juxtapose, (b) Translucent Overlay, (c) Swipe, (d) Blending Lens and (e) Offset Lens

derstand the strengths and weaknesses of the interactive techniques mentioned above. We chose this particular configuration because it is representative of many scenarios [3], including map making (in, e.g., OpenStreetMap). We introduced three kinds of differences (*extra, modified, missing*) on 2 types of geographic features : road (line) and large man-made facility (surface) in real maps produced by IGN (*Institut National de l'Information Géographique et Forestière*).

Results summary

The study's results revealed that : (1) Translucent Overlay (OV) is the best technique overall, which makes it a good choice when only one comparison technique should be provided to users. (2) Even if its overall performance is not as good as that of OV, Blending Lens (BL) performs as well as or better than OV when the task consists of identifying extra or modified entities. We tentatively attribute this to BL's mostly motor-driven scanning strategy, which helps structure inspection of candidate features in the upper layer. The combination of OV and BL should be favored when possible, as the two are quite complementary. (3) Swipe (SW) and Offset Lens (OL) perform poorly. This is an interesting finding given that SW is a technique commonly encountered in Web mapping applications. Its use should probably be reconsidered.

MAPMOSAIC : DYNAMIC COMPOSITING

In order to inform the design of more efficient spatial multiplexing techniques, we conducted several interviews with experts and observations of their workflow. We observed that they work from three to ten layer simultaneously, both raster and vector. They work with tools featuring powerful geospatial data analysis capabilities but that do not support combining layers through compositing in a direct and flexible manner.

Our interviews suggest that GIS front-ends should provide more flexible *on-demand spatial multiplexing*, bounded to specific geographical areas and supporting multiple simultaneous target layers. Some maps also get quickly cluttered with many symbols. Front-ends should thus make the creation of simplified layers easy, by allowing users to *filter out objects based on their type and attributes*, possibly bounding such filters to specific map areas, and allowing the dynamic adjustment of the queries' parameters [11].

We introduce MapMosaic, proposing a new, *dynamic* model for layer compositing.

Concepts and Features

MapMosaic's foundational concept is that of *compositing regions*, which enable users to combine layers either globally or locally. Compositing regions are the cornerstone of our approach to *on-demand spatial multiplexing*. They act as masks that can be moved by direct manipulation (drag-and-drop) and whose parameters can be adjusted dynamically. Parameters include typical graphical compositing settings such as alpha blending and boundary styling, as well as *filters* that can be used to further customize compositing within the region using simple queries.

As shown in Figure 2, users can load both raster and vector layers in the system. Typical raster layers include orthoimagery, pre-rendered maps, as well as raw fields such as digital elevation models or temperature maps, which can be rendered by mapping the field's range of values to a color gradient (the mapping's interpolation function and the gradient's color endpoints can be parameterized). Vector layers are not rendered by default, as they mainly serve other purposes. One of them is to partition the map into geographically-meaningful areas based on the objects they contain : buildings, roads, water bodies, etc.

Once a set of layers has been loaded, users can derive a compositing region from the currently-selected area. Compositing regions always delineate a particular geographical region, but are not necessarily derived from objects stored in vector layers ; they can also be derived from any user-drawn selection, inspired by similar selection tools found in graphics editors. In the absence of any selection, the entire map acts as an implicit compositing region.

Multiple compositing regions can coexist, and remain manipulable throughout their lifecycle. Any of their attribute can be dynamically modified and the changes are reflected on-the-fly in the map view, as parameters get adjusted [11]. Simple and complex styling and compositing rules can be also declared for the objects that fall within a given compositing region through filters, based on their type and attributes.

Evaluation

Comparison with MAPublisher and QGIS

We compared MapMosaic interaction model to QGIS, as it is representative of what GIS offer in terms of data editing, publishing and analysis and MAPublisher, a cartographic tool that works as a plugin for Adobe Illustrator and allows users to produce high-quality static cartographic renderings. Both tools enable users to achieve elaborate graphical renderings based on layer compositing. MAPublisher, through Illustrator's capabilities, has even more expressive power than MapMosaic. But dynamic compositing is not supported. The equivalent of MapMosaic's compositing regions cannot be moved or edited : a new clipping mask has to be created from scratch whenever the region's position or filter settings change. This puts a heavy cognitive load on users, and requires much *premature commitment* [5]. On the opposite, MapMosaic's dynamic model features compositing regions that remain manipulable throughout their lifecycle, enabling better *progressive evaluation* [5], and thus better supporting exploratory visualization [11].

Experts' feedback

We collected feedback from experts in two workshop sessions. Participants were encouraged to talk about their specific activities and then engaged into discussions about how MapMosaic could be helpful in such contexts. They all commented very positively on the directness of the interaction model, and on MapMosaic's capacity to provide immediate visual feedback when moving compositing regions and when adjusting their parameters. In both workshops, rich discussions about scenarios in which MapMosaic would be useful



Figure 2. A proof-of-concept implementation of MapMosaic. (a) Toolbar to navigate the map, and to create & select areas. (b) Map viewer. (c) Access to individual layers. (d) Compositing area inspector. (e) Query builder for compositing region filters.



Figure 3. Nepal earthquake, 2015. Compositing vector objects to quickly identify buildings of interest and make a preliminary damage assessment. (a) Close-up on a building, showing imagery captured before the disaster. (b) Compositing post-event imagery inside these buildings only.

started very quickly. Figure 3 illustrates one example scenario suggested by a risk management expert to facilitate rapid mapping. Users can composite vector data to emphasize buildings of interest and restrict the compositing of before-and-after images to the interior of those vector objects. The expert thinks this might help identifying damaged regions.

ANIMATION PLANS FOR SATELLITE IMAGES

Satellite images are becoming more and more accessible to non expert users. NASA recently added 3 million Aster Images to its open source database, where there were already images from other sources, like LandSat. All these images enable users to track changes that are affecting the planet, such as climate change, deforestation or glacier evolution. As they become more available, those images are also becoming useful for storytelling and journalism. For example, the project Losing Ground¹ uses satellite image to reveal land change in the United States. However, most of them use satellite images as background to display data or to display changes by simple transitions, like blending one *before image* into one *after image*.

1. <http://projects.propublica.org/louisiana/>

Animations represent an intuitive mean for displaying change, yet they should be carefully designed to be beneficial for users [12]. Some studies show that they have advantages over static pictures in instructional contexts and seem to be more efficient when users can control them [7]. Some simple animated transitions have been used to display change in glaciers [9], and reveal processes that are not visible when comparing two static images. However, those animations suffer from split attention problems, when users have to focus on more than one thing that changes at time [6].

Two satellite images representing the same spatial region across time present differences that are not necessarily due to the studied phenomena. For example, images in different seasons might present different colors for the same areas, like forest. Depending of what phenomenon the animation wants to emphasize, some of those changes might be more or less relevant. Using simple blending to transition between one image to another is not satisfactory as it forces users to focus on all those differences simultaneously. We aim at designing meaningful transitions that better represent geographical changes by focusing on a region of interest and by conveying changes' dynamics.

Motivating scenario

We have the two images presented in Figure 4, that show the Aral sea, and we are interested in designing an animation

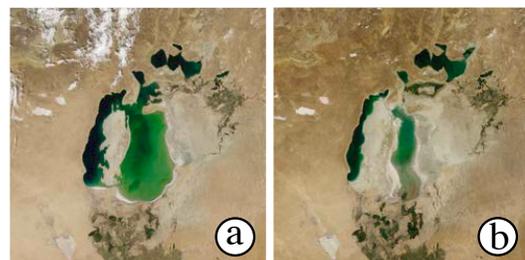


Figure 4. Two images of Aral Sea, (a)1984 and (b)2000, from Nasa Landsat



Figure 5. Aral sea erosion animation

that illustrates the erosion phenomenon. The background is quite different between the two images and will cause several changes when transitioning from one image to the other that are not related to the sea's erosion. To better isolate the changes of interest, we separate the animation in two : first, we animate only the background and then we animate the region matching the sea in the before image.

For the first animation we blend the two images, making all the background pixels from the after image appear at the same time.

For the second stage, instead of making all the sea pixels appear at the same time, we can use an animation plan that will set different animation priority values for the pixels in order to make the pixels from the after image appear progressively, simulating the actual temporal evolution of an erosion. The priority value of a pixel will depend on its distance to the contour shape of the sea in the after image 5-(b). The closer the pixel to the contour of the shrunk sea, the lower its priority. A timeline of the animation is illustrated in Figure 5, showing how the animation actually simulates the actual erosion phenomenon.

Current and Future Work

Animation Model

We want to establish a model to define animated transitions between a *start image* and a *end image*. An animation is defined by an *animation plan*. An *animation plan* represents the instant in which the blending between a pixel from the *start image* and the matching pixel from the *end image* starts and ends.

We want our model to be general enough to enable the design of diverse animation plans. For example, we could consider an animation plan that depends on altitude using a Digital Elevation Model to set pixel priorities (for e.g., illustrating relief changes across seasons).

Experiment

We take the typology of spatio-temporal geographical processes from [2] to cover a representative set of geographical changes that might be visible in satellite images. We will study the processes of Appearance, Disappearance, Expansion, Contraction, Deformation and Movement. For each of them, we will define a set of animation plans that are appropriate to convey their semantics.

We will conduct an experiment that compares our animation plans to the following baselines : blending and blitting. As we will use real datasets which are very heterogeneous, we will

show all animations to all participants (randomizing the presentation order) and ask them to rate the different transitions according to their suitability to present the depicted phenomena.

System to create staged animations with satellite images

We plan to create a system that enables both GIS experts and novice users to create animations between satellite images rapidly, based on existing animation plans (digital elevation models, simulation results) or in some predefined animation primitives.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bier E. A., Stone M. C., Pier K., Buxton W. & DeRose T. D. Toolglass and magic lenses : The see-through interface. *SIGGRAPH '93*, ACM (1993), 73–80.
2. Claramunt C. & Thériault M. Managing time in gis an event-oriented approach. In *Recent Advances in Temporal Databases*. Springer, 1995, 23–42.
3. Elias M., Elson J., Fisher D. & Howell J. Do I Live in a Flood Basin ? : Synthesizing Ten Thousand Maps. *CHI '08*, ACM (2008), 255–264.
4. Gleicher M., Albers D., Walker R., Jusufi I., Hansen C. D. & Roberts J. C. Visual comparison for information visualization. *Information Visualization 10*, 4 (2011), 289–309.
5. Green T. R. G. & Petre M. Usability analysis of visual programming environments : a 'cognitive dimensions' framework. *Journal of Visual Languages & Computing 7*, 2 (1996), 131–174.
6. Harrower M. The cognitive limits of animated maps. *Cartographica : The International Journal for Geographic Information and Geovisualization 42*, 4 (2007), 349–357.
7. Hasler B. S., Kersten B. & Sweller J. Learner control, cognitive load and instructional animation. *Applied cognitive psychology 21*, 6 (2007), 713–729.
8. Lobo M.-J., Pietriga E. & Appert C. An evaluation of interactive map comparison techniques. *CHI '15*, ACM (2015), 3573–3582.
9. Paul F. Revealing glacier flow and surge dynamics from animated satellite image sequences : examples from the karakoram. *The Cryosphere 9*, 6 (2015), 2201–2214.
10. Pietriga E., Bau O. & Appert C. Representation-independent in-place magnification with sigma lenses. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 16*, 3 (2010), 455–467.
11. Shneiderman B. Dynamic queries for visual information seeking. *IEEE Software 11*, 6 (1994), 70–77.
12. Tversky B., Morrison J. B. & Betrancourt M. Animation : can it facilitate ? *International journal of human-computer studies 57*, 4 (2002), 247–262.
13. Ware C. & Lewis M. The DragMag Image Magnifier. *CHI '95 companion*, ACM (1995), 407–408.

Collaboration around Wall-Displays in Command and Control contexts

Arnaud Prouzeau

CNRS & Univ. Paris-Sud (LRI), Inria and Univ. Paris Saclay
Orsay, France
prouzeau@lri.fr

ABSTRACT

High resolution wall-displays are more and more used in research contexts in order to visualize, explore and study big dataset. They provide a huge visual space to display data, physical navigation rather virtual, which leads to a more natural pan and zoom, and finally an easy way to collaborate due to their large shared space. Their use in a more operational context like control rooms is more limited, they are most of the time considered as just a big display with which you interact with mice and keyboards. During this PhD, we would like to study how we could embrace the benefits of a wall-display in command and control contexts. To answer this question, we first analyzed the activities in a control room in general, and then focus in a specific use case: road traffic control. In this specific context, we are now working on an experiment to compare the use of a wall-display and several workstations. Then we focussed on collaboration, and study the use of a wall display to perform multi user exploration of graphs, a data structure commonly used in command and control centre. Finally, we studied the use of the capacity of a high resolution wall to help operators assess the impact of their action.

Author Keywords

Wall-display, Collaboration, Graph, Critical System

ACM Classification Keywords

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces - Graphical user interfaces

INTRODUCTION

High density information spaces are more and more common, some of them containing several millions of data points, such as social networks, scientific database (DNA, Molecules) but also transportation networks. To analyse, understand but also monitor these data, complex interactive visualizations are needed. Wall-sized displays represent a convenient way to immerse and allow users to navigate and manipulate data

in these kind of spaces due to several inherent benefits: (i) physical rather than virtual navigation affords a natural pan-and-zoom in the information space to see overview from afar and details up-close; (ii) an enlarged physical space in front of the display enables collaborative viewing; (iii) and millions of pixels support viewing large amounts of data.

Wall-displays are for now mostly used to their full interactive and visualization potential in research contexts only [2], in more operational and industrial contexts they are used as big computer displays, in which most of the interactions are distant and done with a mouse and a keyboard. This is especially the case in command and control contexts. Indeed, in several control rooms, they are used to give an overview of the system to operators in order to enhance situation awareness, but all the manipulations are done on individual workstations. This situation provokes a lack of group awareness, as it is harder for an operator to be aware and understand what another colleague is doing when focusing on their desktop, and so harder to coordinate their actions.

The lack of adoption of wall-displays as more than monitors leads to our research question: Could interactive wall-displays be useful in collaborative command and control environment?

In the remaining of this paper, we will first perform an analysis of control room activities, then we study how the use of an interactive wall-displays can impact coordination between two operators, compared to the use of several workstations. We will then discuss our work on multi-user exploration of graphs on a wall display, as graphs are a data structure which is use a lot to visualize transportation networks. Finally, we introduce a specific use-case: road traffic control, and how to use the full potential of an high-resolution wall in order to help operators monitor, but also forecast the effect of possible interventions on the traffic in big cities like Paris.

ANALYSIS OF CONTROL ROOM ACTIVITIES

In control room contexts, it is crucial to be aware of what the other operators are doing in the room, in order to collaborate and coordinate their actions. This is particularly necessary in cases of emergency, where coordinate cost should be as low as possible to act as fast as possible. This is illustrated in the study of the London subway control room by Smith et al. [11], in which to enhance group awareness, subway controllers put on speaker their conversation with train drivers, giving others

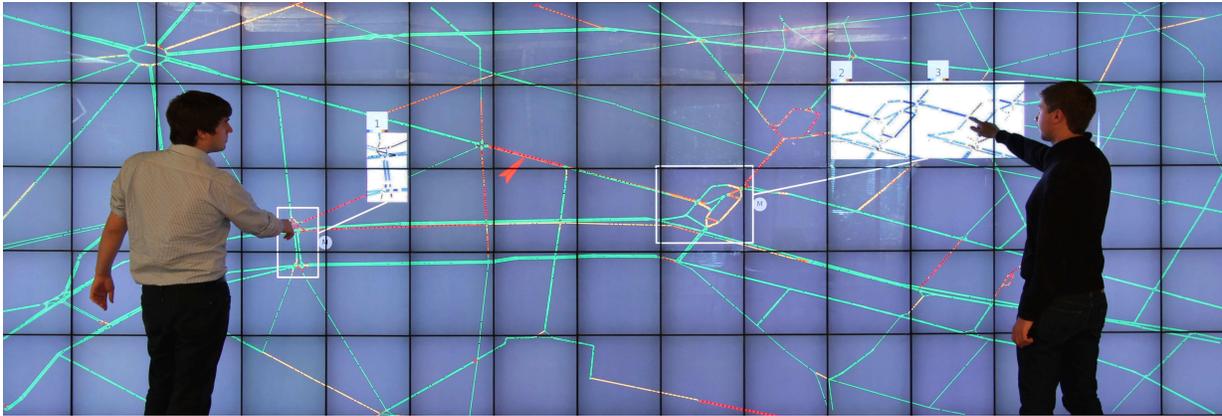


Figure 1. Visualization of traffic in a city with two “DragMagics” (white rectangles) showing one (left) and two (right) simulations associated with different possible interventions on the traffic. The simulation visualizations use difference color maps to highlight differences with the real traffic.

information about the current situation with this train, and allow them to act quickly in case of incident.

Interviews of operators from different fields (road traffic controllers from before, one air traffic controller and one nuclear power plant operator), visits of control rooms (two Paris road traffic control room, the French police operation centre) and my past experiences (Visits of French and Scottish air traffic control centres and airport control towers) showed us that we can find mainly two types of situations in this context: (i) The normal situations, in which the operators mainly monitor the system, don’t need to act a lot and don’t need to coordinate their actions with others. It represents most of their time during a shift in the control room. And (ii) the critical situations, that can correspond to an accident, a failure in the system, or just a situation in which the system is saturated (traffic jam for road traffic control) and for which the automation can’t provide an optimized solution. In that case, the operators need to act, but also to coordinate their actions with others. As usually these situations are time critical the coordination has to be done at the same time as the action.

These also showed us the main general layout of a control room: the operators work on individual workstations, and they have a shared large visualization of the system projected on a shared surface. The large visualization is used to provide context information, while the workstation is used to provide detailed information and to act on the system.

A high resolution wall-displays provides a large space that can be used to display general information about the state of the system, but also detailed information about a specific part of it when viewed up-close due to its high resolution. It can also provide more direct way to interact with the system by directly touching it, which can attenuate divided attention issues. This way of interacting with the wall provides more information about an operator’s action to others which improves group awareness, and can facilitate group coordination, as operators can just point with their fingers at a part of the system they are talking about.

COMPARISON OF A WALL DISPLAY WITH WORKSTATIONS

Empirical studies support the idea that large displays foster collaboration. Nevertheless, to our knowledge, no study quantitatively compares collaboration using a large vertical display, with a setup that doesn’t possess its characteristics, i.e., the large and shared surface. In this paper, we measure performance and coordination differences when pairs use a large display, compared to two workstations that share a common view. Workstations are far enough to avoid face-to-face and deictic communication, while allowing verbal communication. The configuration of the two workstations are similar to the configuration seen in control rooms.

To quantitatively study collaboration, we chose a low level task, to better control task difficulty across setups, and allow for multiple repetitions. Inspired by previous work on collaboration [12] and by real tasks performed in control rooms, we used a simplified path-finding task with constraints. We expected our pairs to develop efficient collaboration strategies over multiple trials, eventually reducing the need for coordination and decision making that are essential in collaboration [8]. As such, we did not provide any training to our participants, but rather compared the learning phase across settings, as this is where pairs need to communicate and coordinate to improve their strategy.

Moreover, to study possible trade-offs between the setups, we also measured other metrics that could shed light to differences in collaboration, such as the amount of communication between pairs and their coordination strategies.

We were unable to measure a difference in learning between setups, but pairs were generally faster using workstations. Nevertheless, quality was more consistent with the large display, and pairs communicated and planned more in this setup. With workstations, pairs divided the task as much as possible, requiring less communication, and affecting their quality of work.

Now that we show that the wall facilitates communication and coordination compared to two workstations, we want to see

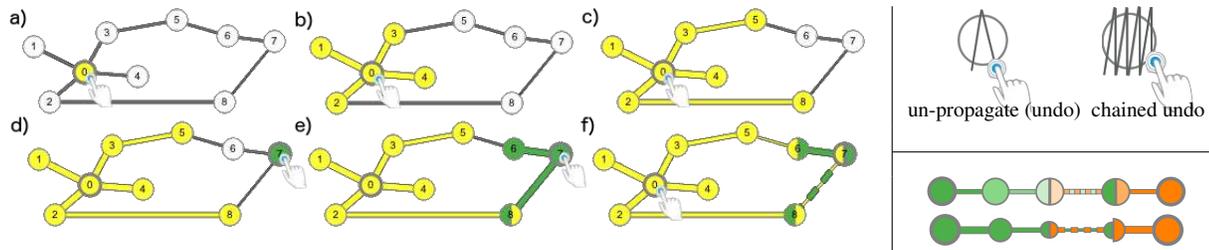


Figure 2. On the left multiple propagations: (a) a first tap on node 0 selects it; (b) a second tap propagates the selection to immediate neighbors; (c) and a third tap to 2nd degree neighbors (notice the difference in link width according to distance); (d) a tap on node 7 selects it with a new color; (e) a second tap selects its neighbors, one of which (node 8) is shared with the first propagation and has both colors; (f) a fourth tap on node 0 propagates the first selection a third time, resulting in nodes 6,7,8, and link 8-7 being shared between propagations, with the color and width on shared link 8-7 alternating. On the top right gesture to undo one propagation step on a node (left) and chained undo for backtracking multiple steps (right). On the bottom right design variations for displaying propagation distance using color intensity (top) and node-link size (bottom).

what can have an influence on collaboration. We then study the influence of interaction technique on collaboration strategy.

MULTI-USER GRAPH EXPLORATION

Graph structures, consisting of vertices and edges, exist in various application areas, such as traffic networks, they are frequently represented as node-link diagrams. But like many visual representations of large datasets today, they can be too wide to view comfortably on regular screen monitors. We thus propose viewing and exploring them on a wall-displays.

We perform a first systematic study of how pairs use a wall-display to solve topology based tasks, that are common components of more complex graph analysis tasks [5]. We study how the choice of interaction technique supports or hinders pairs collaborating on these tasks, as it is shown for a data manipulation task by Liu et Al. [6]. We focus on techniques for selection, a fundamental visualization task, as it is a prerequisite to many interactions such as filtering, comparisons, details on demand, etc.

We adapt two general purpose graph selection techniques for use by multiple users on a touch-enabled wall-display. Our baseline is a basic node/edge selection. It is easy to master, and has a limited, and thus fairly localized, visual footprint on the wall display, that does not interfere with colleagues' work. We called this technique Basic. The propagated selection extends, for multiple users, the idea of transmitting a selection to neighboring nodes/edges [9] It highlights the connectivity structure of the graph, but may have a large visual footprint that disturbs colleagues. We called it Propagation (Figure 2).

We first assess the impact of selection technique on pairs conducting a specific topology analysis task, namely identifying a shortest path. As this is the first study of pairs working on such tasks on wall-displays, we tease out effects due to technique vs. collaboration, by also studying single user selections. We then examine how propagation, the most promising technique, is used by pairs on other graph analysis tasks [5]. Our studies are conducted on a touch enabled wall-display, instead of interacting using mice and keyboards, as mobility allows viewers to perform implicit zooming [1] and correct for visual distortions [7].

The first study showed Propagation to be faster in both individual and multi-user contexts, to be more accurate for multiple

users, and to require less movement than Basic in a shortest path identification task. It is also versatile enough to be used in a series of topology tasks, observed in our second study.

Nevertheless, as Propagation has a large visual footprint, it requires higher coordination when used by multiple users, we often found pairs alternate their interactions to coordinate actions. When working in pairs, propagation selection increases accuracy overall, but due to a coordination cost it improves time only for complex graphs. When using basic selection, that has a small visual footprint, accuracy dropped for pairs, most noticeably in complex graphs. Indeed, we observed that using basic selections, participants tended to work independently and lose awareness of each other's work, which proved detrimental for the task we consider, that is not clearly divisible.

ROAD TRAFFIC MANAGEMENT ON WALL-DISPLAYS

Finally we want to study the use of a wall display in a specific use-case: road traffic control management. Traffic congestion in major cities and highways is a growing problem in most countries. Perturbations and incidents such as accidents and breakdowns, or exceptional events such as demonstrations, can overload a road network that may already be operating at its limit, e.g. during rush hour. To prevent and to react efficiently to incidents and perturbations, road traffic in cities and highways is monitored in dedicated control centers.

Even for experienced operators, it is often challenging to evaluate the impact of an intervention on the network. While they are equipped with predefined traffic plans (sets of compatible interventions on a sector or area), it is still sometimes unclear which plan will work best for the current state of the network, in particular during exceptional events. This is where simulation models of road-traffic can help operators better understand and chose among possible intervention alternatives.

Road-traffic is a complex system that is particularly challenging to model, as it involves multiple agents (cars) that can behave in a non-deterministic manner. Nevertheless, researchers are able to approximate road-traffic using methods from physics or statistics and machine learning Their simulations can perform short-term traffic forecasting, identify problematic sectors with high-risk of traffic-congestion, and test new concepts to improve road-traffic such as dynamic adjustment of speed limits.

Following interviews and observations of road-traffic control centers, we extracted user needs related to both possible interventions they make, and the lack of support tools to help them understand the impact of these interventions. We then designed a prototype system for road-traffic monitoring and management that runs on a touch enabled ultra high-resolution wall display (Figure 1). Taking advantage of their high resolution and large real-estate, our prototype extends the visualizations currently used in road-traffic control centers, to allow operators to concurrently explore and visualize results from multiple simulations that can help them test alternative interventions on the network, both in a local and global scale.

We propose two visualization techniques for viewing multiple simulations in combination with real traffic: (i) multiple views [4, 13] to show global views of the network; and (ii) Drag-Magic, a combination of DragMags [14] and magic lenses [3] to visualize localized sectors. For the first time, we adapt and combine these techniques to visualize and compare several forecast visualizations using wall displays in control centers. Our choice of techniques is influenced by both controllers' comments on the type of feedback they require for monitoring and forecasting (on the whole network, but also more specifically on one intersection), but also by our previous findings that global versus local focus can influence performance. To better understand when to use each of these techniques, we compared them in a lab experiment. Non expert participants were asked to follow several simulations of road traffic and to find the more fluid one.

Participants performed well in comparison tasks of up to 6 different simulations, contrary to previous findings on multiple views [10] that predicted decreased performance with the increase of comparisons. Our results also suggest that DragMagic is easier to master and may be beneficial when the number of simulations to compare is high, but that both techniques are viable alternatives. Early feedback on our prototype from experts, were very promising. They particularly appreciate the DragMagic, and they say it can also be used to compare the present traffic with past traffic data to detect unusual events. Our study was conducted on a single user setup to first assess the impact of such novel visualization on user's abilities to follow multiple simulations on the wall. It remains future work to also test these designs with multi-users.

We took advantage of the high resolution of the wall-displays to show more information on the shared display, in the form of multiple simulation results. But we feel it was important, then, to study how people collaborate and coordinate in front of it. In order to isolate the coordination effect, we did our study in a more abstract context: graph exploration.

CONCLUSION

Due to their large size and high resolution, wall-displays can be an interesting solution to answer to current control rooms issues like group awareness for example. In that case, visualization and interaction techniques have to be designed with the type of collaboration wanted in mind (close or loose). We want now to understand how operator will perform the transition between their workstations and the wall.

ACKNOWLEDGEMENT

I thank my two supervisors, Anastasia Bezerianos and Olivier Chapuis, for their help and support and all the members of the ILDA team. This work has been partially supported by the ANR grant ANR-10-EQPX- 26-01 "Digiscope".

BIBLIOGRAPHIE

1. Robert Ball, Chris North, and Doug A. Bowman. 2007. Move to improve: Promoting physical navigation to increase user performance with large displays. In *CHI '07*. ACM, 191–200.
2. Anastasia Bezerianos and Petra Isenberg. 2012. Perception of visual variables on tiled wall-sized displays for information visualization applications. *IEEE TVCG* 18, 12, 2516–2525.
3. Eric A. Bier, Maureen C. Stone, Ken Pier, William Buxton, and Tony D. DeRose. 1993. Toolglass and magic lenses: The see-through interface. In *SIGGRAPH '93*. ACM, 73–80.
4. Waqas Javed and Niklas Elmquist. 2012. Exploring the design space of composite visualization. In *PACIFICVIS '12*. IEEE Computer Society, 1–8.
5. Bongshin Lee, Catherine Plaisant, Cynthia Sims Parr, Jean-Daniel Fekete, and Nathalie Henry. 2006. Task taxonomy for graph visualization. In *BELIV '06*. ACM, 1–5.
6. Can Liu, Olivier Chapuis, Michel Beaudouin-Lafon, and Eric Lecolinet. 2016. Shared interaction on a wall-sized display in a data manipulation task. In *CHI '16*. ACM, 2075–2086.
7. María-Jesús Lobo, Emmanuel Pietriga, and Caroline Appert. 2015. An evaluation of interactive map comparison techniques. In *CHI '15*. ACM, 3573–3582.
8. Munir Mandviwalla and Lorne Olfman. 1994. What do groups need? a proposed set of generic groupware requirements. *ACM TOCHI* 1, 3, 245–268.
9. Michael McGuffin and Igor Jurisica. 2009. Interaction techniques for selecting and manipulating subgraphs in network visualization. *IEEE TVCG* 15, 6, 937–944.
10. Matthew D. Plumlee and Colin Ware. 2006. Zooming versus multiple window interfaces: Cognitive costs of visual comparisons. *ACM ToCHI* 13, 2, 179–209.
11. Penn Smith, Ann Blandford, and Jonathan Back. 2008. Questioning, exploring, narrating and playing in the control room to maintain system safety. *Cognition, Technology & Work* 11, 4, 279–291.
12. Anthony Tang, Melanie Tory, Barry Po, Petra Neumann, and Sheelagh Carpendale. 2006. Collaborative coupling over tabletop displays. In *CHI '06*. ACM, 1181–1190.
13. Edward R. Tufte. 1986. *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press, Cheshire, CT, USA.
14. Colin Ware and Marlon Lewis. 1995. The dragmag image magnifier. In *CHI '95*. ACM, 407–408.

Collaboration within the surgical suite: BoardProbe design For and With the Surgical Team

Juliette Rambourg

Houston Methodist Hospital
 Université de Toulouse – ENAC –
 jrambourg@houstonmethodist.org

RÉSUMÉ

Cet article traite des configurations de collaboration possible entre les intervenants d'une tâche accomplie sur un écran partagé par la méthode de la sonde technologique avec application dans planification et l'exécution d'une opération chirurgicale en s'inspirant des travaux de recherche du contrôle du trafic aérien (ATC). Nous étudions les aspects CSCW et de conscience de situation en environnements critiques pour développer des outils permettant à une équipe de suite chirurgicale de se coordonner, de suivre plus aisément le planning imposé par l'hôpital, tout en étant capable de s'adapter rapidement aux aléas. Des situations d'urgence, de manque d'équipement, de personnel, de temps, se bousculent à l'hôpital tout comme en ATC. Nous souhaitons lier les deux mondes pour que le meilleur de la recherche dans les deux domaines profite l'un à l'autre. Nous avons commencé par une étude précise de l'activité de l'équipe chirurgicale, tout en développant des premiers prototypes en parallèle. Nous nous inspirons de la méthode Technology Probe [11] pour analyser l'activité et concevoir au mieux les outils dont auront besoin les utilisateurs, et présentons les premiers prototypes réalisés.

Mots Clés

Conscience de situation ; équipe chirurgicale ; collaboration ; ATC; outils d'aide à la décision.

ABSTRACT

This article discusses the collaborative configurations between the participants of a task accomplished on a shared screen by the method of the technological probe with application in the scheduling and the management of a surgery, based on the research work of air traffic control (ATC). We study the collaborative aspects and situation awareness in critical environments to develop tools to help a surgical suite team to coordinate and monitor the schedule of the surgeries imposed by the hospital, while being able to adapt quickly to contingencies. Emergencies, lack of equipment, staff, time, are scrambling in ATC as well as in hospitals. We want to link both of these worlds to so that their researches benefit to each other. We began with a detailed study of the activity of the surgical team, while developing early prototypes in parallel. We get inspired by the TechProbe approach [11] to discern what tools the users need, and present the first prototypes.

Author Keywords

Situation awareness; surgical team; collaboration; ATC; decision-aids.

ACM Classification Keywords

H.5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous

INTRODUCTION

The surgical suite is a critical environment where the staff deals with the health/life of patients. The surgical suite team has to deal in real time with surgery issues, management of equipment and personnel, re-scheduling, unforeseen emergencies, etc. As such it can be compared to the complex environment of Air Traffic Control (ATC). Air traffic controllers typically work in teams of two and manage a delegated part of the airspace. Within this space they are in charge of several tasks including giving orders to the planes, monitoring for the threat of collision, handling emergency situations, etc.

Therefore, human factors and collaborative tools play an important role in both of these fields and can both learn from one another. Our goal is to bring cooperative tools design methods inspired for Civil Aviation, to the surgical suite team in order to improve situational awareness [14], and develop/. Similarly to ATC research studies, we propose to study the tasks of the team members to help the transition from a whiteboard-based activity to an electronic whiteboard-based activity.

RESULTS OF FIRST OBSERVATIONS WITHIN THE SURGICAL SUITE

The surgical suite

The central organizational and collaborative tool consists of two large whiteboards placed in the surgical suite (The "X" on Figure 1).

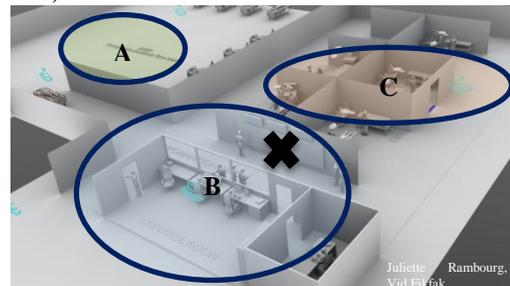


Figure 1. Reconstruction of a part of the surgical suite of Dunn OR, Houston Methodist Hospital (qualitative representation).

[Board Runner]

The “name alert” magnet is used when two patients have the same name. The blue color is usually for the anesthesia information and black is for the first edition of the schedule in the evening.

[Anesthesiologist]

I do not really input information myself on the board, I read it to know what I have to do, this is more the other anesthesiologist Dr. A. that manages whiteboard inputs.

[Surgeon]

When I arrive the morning in the surgical suite, I like to see this big whiteboard with all the information I need for the day from where I am. I check that my patients and their surgery procedures are well written by the nurses on the whiteboard.

[Nurse]

As soon as we have time: when a patient arrives in PreOp, we cross out the time of his case line so that everybody can know he is in here. We cross it then a second and third time, as a star, when the surgery has begun.

Figure 2. Contextual inquiry: typical conversation between the researcher and the user while the user is working.

“A” represents the Post Operating Rooms (PostOp). We will consider that it also represents all the rooms where the patient scheduled for surgery can be before or after the surgery (Holding Room - Holding, Pre Operating room - PreOp, PostOp).

“B” represents the Coordinative Area. It is physically separated in 2 parts: the Information Hall with the whiteboards and the Control Room which is where computers and papers with necessary information about cases are dispatched. Information within the control room is available in there for individual consultation, for any staff willing to check reports, documents etc. Information that is displayed in the Information Hall has for purpose to be shown publicly – to the whole staff of the surgical suite, in a more visible format.

“C” represents the Operating Rooms (OR1, OR2...), where the surgeries take place. Dunn OR contains about 23 operating rooms, which require a very strict organization in terms of management of the resources – human and equipment.

The surgical team

We conducted inquiries and contextual inquiries [13] with the principal actors – charge nurses, nurses, surgeons, anesthesiologists, members of the DUNN OR surgical suite, Houston Methodist Hospital (Figure 1 and 2).

These whiteboards display and allow notes and modifications of the schedule for the cases of the day (Figure 3-4-5). The cases are updated throughout the day: new scheduling, shifts, patient location, etc. All necessary information about the organization of the case is contained

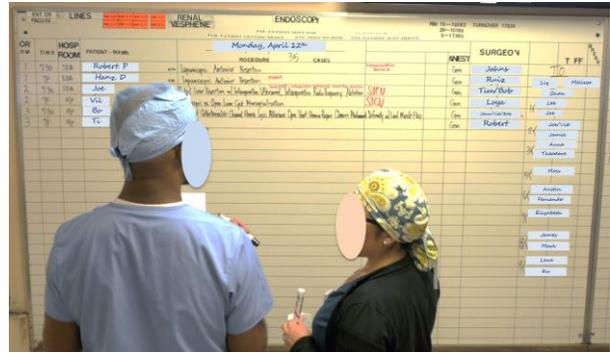


Figure 3. Two Nurses working together on preparing the whiteboard the night before.



Figure 4-5. Sheets of paper are used to input information on the whiteboard, as well as taking (personal or not) notes of what is written on the whiteboard.

in the whiteboard, which makes it a great source of information, allowing synchronous as well as asynchronous collaboration among the team. The case schedule for the next day is edited late in the evening on the whiteboard, and starts to be used by the staff early in the morning (Figure 3).

The use of the whiteboard is not the same for everybody. Some users do not make inputs, but look at it to know what their next action must be. Others make inputs and outputs. Even if some users are not assigned to work on case x, they are interested in knowing who does, in case they need to know where these individuals are. Markings are done explicitly for others to see. This is why such information is shared on a big common space. In agreement with [3], whiteboards are familiar, pliant and allow for quick creation and modification. They allow for different pen colors: the blue color is usually for the anesthesia information and black is for the first edition of the schedule in the evening. They also allow for the use of magnets (e.g. the “name alert” magnet is used when two patients have the same name). However, whiteboards are neither very good at supporting traceability nor data analysis nor for automatic displays of relevant information to the staff: “they are poor tools for archival and reuse”. One of our purposes is to develop a large touch screen application that will allow users to keep doing their current activity on the whiteboard, but with ways for them to have more up-to-date displayed information, relevant information that was not accessible in the past with the traditional whiteboard such as surgical suite status awareness, alerts, input assistance, decision-aid as well as other aids like for inputs or output displays.

**For each staff : Pilots;Air Traffic
Controllers;Nurses;Anesthesiologist;Surgeons:**

- Situation awareness
- Collaboration (synchronous/asynchronous)
- Unforeseen events
- High workflow
- High stress levels

**For the management :
Airlines;Airports;Hospitals;Surgical suites:**

- Statistics
- Efficiency of the team (time it takes to do something)
- Effectiveness of the team (level of results)
- Resources allocation
- Control tower mode

Figure 6. Key-words of the project.

[3] mentions that, for the past 20 years, commercial offerings of electronic whiteboards have been a failure. They claim that the mistake comes mainly from the lack of usability, the weakness of the quality of the display and hardware. This is why we will, along this project, target to study the usability and the quality of the hardware.

RELATED WORK

Several ethnographic studies have studied collaboration in the surgical suite [2][4][5]. These studies describe activities within the surgical suite of other hospitals, sometimes around the same kind of whiteboards as in Dunn OR. They also provide recommendations for designing collaborative tools for the surgical suite. However, these studies did not develop collaborative tools themselves, or test their design. This is what is missing in CSCW for the hospitals according to [1]. As [12] recommends, we should consider “moving from design-for-use to design-for-future-use”, in order to deploy pliant systems. The design choice of [12], to improve collaboration in the care hotel was an electronic whiteboard, large device with good visibility. The whiteboard of the surgical suite is what [12] calls the common ground. This tool is essential to the coordination and the understanding in communications. The situation awareness [14] of the staff in the surgical suite relies on what is written on the whiteboard. The issues in computerization of the activity are very similar in both Hospital [15] and ATC world (see parallels Figure 6). ATC paper strips and more recent electronic strips contain flight information and help the operators manage the flights. In the surgical suite, the whiteboard helps the surgical team manage the cases. Studies have been carried for designing collaborative tools for Air Traffic Controllers, involving new technologies such as touch screens, and new concepts such as copying and improving the current way of working of the staff [7][8][9], which is what we want for the surgical staff. For example, in both worlds, [12] and [8]

chose to develop a visual of timelines, which shows that temporal organization are constant issues in complex and time-critical organizations.

We believe that if we follow and adapt the same concepts, as well as a “better mythology for system design” approach [10], we will be able to design user interfaces that are adapted to the current activity of the surgical suite staff and pliant to evolution. We also want to follow the model MOCA [6] to understand and describe the staff activities at Dunn OR.

TECHPROBE APPROACH

Our approach is to equip the surgical suite with a whiteboard-like multi-touch screen application – BoardProbe, by following the TechProbe design approach [11]. The goal of this approach is to include users in the design process to allow them to develop design ideas while capturing their interactions with the tool prototypes.

We plan to equip the surgical suite information hall with BoardProbe, a whiteboard-like multi-touch screen application. Such a probe has 3 dimensions [11]:

1. The social science goal of collecting information about the use and the users of the technology in operational, track how users deal with the probe over time: we must understand the local activity of the staff at the surgical suite DUNN OR, Houston Methodist Hospital.
2. The engineering goal of testing the technology in operational: the technology has to be functional and allow them to perform their daily tasks such as managing the schedule, adding and communicating information through the day. How can we measure their efficiency through this probe?
3. The design goal of inspiring the staff and the design team to create adapted features answering the needs of the surgical team.

In order to capture the user habits, the probes that will be implemented are the webcam on BoardProbe screen, automatic screenshots, logs of the input. To test and develop features with the users, we will orient the research towards allowing multi-touch gestures. Our objectives are to make the users use BoardProbe, appropriate it, and help it evolve.

EARLY PROTOTYPES

We have developed an application, running on a 70 inches MultiTouch screen. Our purpose is to reach a maximum of flexibility and similarity compare to the original whiteboard. The global organization is exactly the same as the original whiteboard (Figure 7).

Write-erase

We first developed the basic features “write-erase” that we believe are mandatory for flexibility purpose and technology transition (on the right, Figure 7).

Adds-on

Adds-on are the very first feature we have to deal with (on the left, Figure 7). Indeed, they are additional cases that will be added during the day, as an emergency or not. Their insertion in the schedule is always a difficult decision and “physically” a complicated task to perform, due to the lack of space on the board.

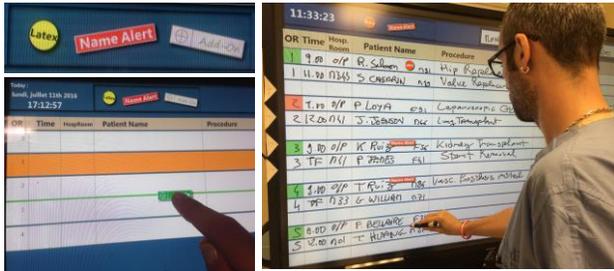


Figure 7. BoardProbe with a user testing the write-erase functions.

FUTURE WORK

The project started in January 2016; we started with ethnologic studies and design of prototypes, with users' opinion, observations and tests constantly in the loop. We are planning to set up the experiment at DUNN OR, surgical suite of the Houston Methodist Hospital, within a couple months. Before that we need to make sure the application is robust enough. The user tests in operational will lead us to follow TechProbe observation protocols and debriefing. It will give us a lot of information about how the user want to use the board. The application will be improved according to the user satisfaction, efficiency and effectiveness during the user tests.

ACKNOWLEDGMENTS

Preparation of this paper was supported by National Science Foundation under the IUCRC for Cyber-Physical Systems for the Hospital Operating Room Grant No. 106022. We also thank the Center for Computational Surgery members and the DUNN OR surgical suite staff of the Houston Methodist Hospital.

BIBLIOGRAPHY

1. Geraldine Fitzpatrick and Gunnar Ellingsen. 2013. A Review of 25 Years of CSCW Research in Healthcare: Contributions, Challenges and Future Agendas. *Comput. Supported Coop. Work* 22, 4-6 (August 2013), 609-665.
2. Anthony Tang , Joel Lanir , Saul Greenberg , Sidney Fels, Supporting transitions in work: informing large display application design by understanding whiteboard use, *Proceedings of the ACM 2009 international conference on Supporting group work*, May 10-13, 2009, Sanibel Island, Florida, USA.
3. Branham, S., Golovchinsky, G., Carter, S. and Biehl, J.T. Let's Go From the Whiteboard: supporting transitions in work through whiteboard capture and reuse. In *Proc. of CHI 2010*.
4. Peter G. Scupelli , Yan Xiao , Susan R. Fussell , Sara Kiesler , Mark D. Gross, Supporting coordination in surgical suites:

physical aspects of common information spaces, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, April 10-15, 2010, Atlanta, Georgia, USA.

5. Jakob E. Bardram , Claus Bossen, A web of coordinative artifacts: collaborative work at a hospital ward, *Proceedings of the 2005 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work*, November 06-09, 2005, Sanibel Island, Florida, USA.
6. Lee, C. P., & Paine, D. (2015). From The Matrix to a Model of Coordinated Action (MoCA): A Conceptual Framework of and for CSCW. To appear in the *Proceedings of the 2015 conference on Computer Supported Cooperative Work*. Vancouver, BC. ACM.
7. Stéphane Chatty, Christophe Mertz, Jean-Luc Vinot Pushing the limits of ATC user interface design to avoid S&M interaction: the DigiStrips Experience *International conference on Air Traffic Management (ATM2000)*.
8. Conversy, S., Gaspard-Boulinç, H., Chatty, S., Valès, S., Dupré, C., Ollagnon, C. Supporting Air Traffic Control Collaboration with a TableTop System. In *CSCW '11: Proceedings of the 2011 ACM international conference on Computer supported cooperative work*, pages 425-434. ACM, 2011.
9. Christophe, H., Lesbordes, R., Letondal, C., Vinot, J-L., Conversy, S. StripTIC: Exploring Automatic Paper Strip for Air Traffic Controllers. In *Proc. ACM Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI 2012)* (long article at AVI ar:28%), pages 225-232. ACM Press, 2012.
10. Jed Harris and Austin Henderson. 1999. A better mythology for system design. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99)*. ACM, New York, NY, USA, 88-95.
11. Hilary Hutchinson , Wendy Mackay , Bo Westerlund , Benjamin B. Bederson , Allison Druin , Catherine Plaisant , Michel Beaudouin-Lafon , Stéphane Conversy , Helen Evans , Heiko Hansen , Nicolas Roussel , Björn Eiderbäck, Technology probes: inspiring design for and with families, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, April 05-10, 2003, Ft. Lauderdale, Florida, USA.
12. Claus Bossen and Erik Grönvall. 2015. Collaboration in-between: The Care Hotel and Designing for Flexible Use. In *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing (CSCW '15)*.
13. Beyer, H. and Holtzblatt, K. *Contextual Design: Defining Customer-Centered Systems*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, 1997.
14. Endsley MR (2004) Situation awareness: progress and directions. In: Banbury S, Tremblay S (eds) *A cognitive approach to situation awareness: theory, measurement and application*. Ashgate, Aldershot, pp 317-341.
15. Amouh, Teh, et al. "Versatile clinical information system design for emergency departments." *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 9.2 (2005): 174-183.