

Plateforme d'utilisabilité/usage MultiCom : objectifs, réalisation, usages et retours d'expérience

Francis JAMBON, Brigitte MEILLON, Christian PERROT et Jean CAELEN

Laboratoire d'Informatique de Grenoble, Équipe MultiCom
Universités de Grenoble, Bâtiment C, BP 53
38041 Grenoble cedex 9, France
Prenom.Nom@imag.fr

RESUME

Cet article présente la démarche de création et l'expérience acquise lors de la mise en œuvre d'un laboratoire d'utilisabilité original : la plateforme MultiCom. Cette plateforme est dédiée à l'évaluation de l'utilisabilité et de l'usage d'un large spectre de systèmes interactifs : des systèmes classiques aux environnements ubiquitaires. Pour cela, la plateforme a été conçue comme une grande scène de théâtre où un certain nombre d'actes peuvent être joués. La pertinence des choix effectués (surface, plan de masse, automatisation) a été validée par plusieurs expérimentations qui se sont déroulées avec succès sur la plateforme.

MOTS CLÉS : Laboratoire d'utilisabilité/usage

ABSTRACT

This article describes the design approach and experience gained when implementing an original usability laboratory: the MultiCom platform. The purpose of this platform is the evaluation of the usability and usage of a wide range of interactive systems: from classic systems to ubiquitous environments. For this, the platform was designed as a large theater where acts could be played. The relevance of the design choices (surface, ground plane, automation) was validated through several experiments that were successfully carried out on the platform.

KEYWORDS: Usability/Usage Laboratory

INTRODUCTION

L'importance de l'évaluation ergonomique dans le cycle de développement des systèmes interactifs n'est aujourd'hui plus à démontrer. Outil de référence pour l'évaluation en présence des utilisateurs, le laboratoire d'utilisabilité n'est pourtant pas systématiquement présent dans nos laboratoires de recherche en interaction homme-machine. Notons que la situation est généralement différente pour les équipes plus directement liées à l'ergonomie, qui disposent en général a minima de pièces dédiées.

À cette approche ergonomique classique se greffe de plus en plus aujourd'hui une approche complémentaire orientée vers l'usage. Jusqu'à récemment, peu de laboratoires d'utilisabilité pouvaient également mener des études d'usage, notamment de par leur taille restreinte ou leur équipement inadapté. Notons que cet état de fait est en train de changer. Citons par exemple quelques laboratoires académiques actuellement opérationnels : Evalab¹ au CHU de Lille, Pergolab² à l'Université de Metz, Lutin/Userlab³ à la Cité des Sciences et de l'Industrie, Loustic⁴ de la MSH Bretagne, Ulyss⁵ à l'IRIT Toulouse, ou encore le Laboratoire des usages⁶ de l'Université de Nice à Sophia.

La complexité technique inhérente à l'installation d'un laboratoire d'utilisabilité et d'usage, à sa maintenance, à son évolution et à sa mise en œuvre ainsi que des problèmes récurrents d'espace vital expliquent probablement en partie cet état de fait. En pratique, les équipes concernées « se débrouillent » pour convertir temporairement quelques bureaux en salle d'expérimentation et en régie le temps d'une expérimentation. Nous faisons nous-mêmes appel à cette approche artisanale, il y a encore quelques années, faute de locaux dédiés.

Cette approche, même si elle a le mérite d'épargner les mètres-carrés, ne peut être utilisée que ponctuellement et sur de courtes durées, car les locaux doivent souvent être rendus rapidement à leur utilisation principale. En outre, elle est très coûteuse en temps d'installation et de désinstallation. Ainsi, il est impossible d'avoir une approche d'évaluation systématique et régulière des systèmes interactifs développés, comme celle préconisée par le cycle incrémental. Le cycle conception/évaluation est donc souvent plus proche d'un cycle en V, l'évaluation en présence des utilisateurs n'intervenant généralement qu'à la fin.

¹ <http://evalab.univ-lille2.fr/>

² <http://www.univ-metz.fr/ufr/sha/2lp-etic/presentpergo.html>

³ <http://www.lutin-userlab.fr>

⁴ <http://www.loustic.net/>

⁵ <http://www.irit.fr/labo-usages/>

⁶ http://portail.unice.fr/jahia/page4030_fr.html

De plus, les compromis techniques imposés par la configuration des locaux disponibles (par exemple, l'absence de glace sans tain, l'absence d'isolation phonique, l'exiguïté de l'espace, etc.) rendent le déroulement des expérimentations et l'acquisition des données difficiles, avec pour conséquence directe une faible qualité des données recueillies (notamment les enregistrements audio et vidéo) et la présence de nombreux biais expérimentaux. Le matériel étant facilement déplaçable, les équipes ne sont pas à l'abri d'autres types d'incidents comme le vol de matériel⁷.

En outre, même si des locaux dédiés ont pu être obtenus, à quelques rares exceptions près, notamment dans le contexte industriel, les salles d'expérimentations sont constituées de petites pièces de la taille d'un bureau (souvent reconverti). Ces laboratoires permettent aisément l'évaluation de dispositifs relativement compacts et d'usage sédentaire. Par contre, la simulation d'environnements ubiquitaires ou de systèmes mobiles, nécessitant le déplacement de l'utilisateur dans différents contextes (par exemple un musée ou un appartement) se révèle difficilement réalisable. Cet aspect devient critique lorsqu'au-delà des aspects utilisabilité, l'objectif de l'évaluation est aussi de s'intéresser aux usages des dispositifs dans leur environnement.

C'est pourquoi notre équipe s'est engagée dans la réalisation d'une plateforme générique destinée à l'évaluation de l'utilisabilité et de l'usage. Cette plateforme a été prévue pour être utilisée aussi bien par la communauté universitaire, que pour des expérimentations à vocation industrielle. Cet article a un double objectif : (1) montrer quel est l'intérêt scientifique de disposer d'une telle plateforme, et (2) donner aux équipes tentées par l'aventure des pistes pour en faciliter la réalisation et l'utilisation au jour le jour.

Dans cet article, nous présentons en premier lieu les motivations qui nous ont conduit à la création de la plateforme, puis nous décrivons sa structure technique d'un point de vue structurel, matériel et logiciel. Ensuite, grâce à trois exemples d'expérimentations récentes, nous montrons l'intérêt de disposer d'une telle plateforme pour notre communauté scientifique. Enfin, la dernière partie de l'article est consacrée aux retours d'expérience issus de plus de deux années d'utilisation et aux perspectives d'évolution de la plateforme.

GENESE DE LA PLATEFORME

Laboratoires d'utilisabilité existants

Une partie importante du travail préliminaire à la création de notre plateforme a consisté à faire la synthèse des expériences passées d'autres équipes ayant construit et/ou utilisant un laboratoire d'utilisabilité. Cela a été fait en

consultant les pages web décrivant ces laboratoires ou en allant les visiter sur place. A cette occasion, nous avons pu constater que peu de laboratoires ont été effectivement décrits par leurs concepteurs, que ce soit sous forme de page web, d'articles ou de rapport.

Nous avons par exemple visité les laboratoires du DSNA/DTI/SDER (ex. CENA) à Toulouse, celui de MERLin à l'INRIA Rocquencourt, et celui de France Télécom R&D à Meylan. Lors des visites, nous nous sommes notamment intéressés aux limites constatées à l'usage par les utilisateurs. Nous avons également consulté des ouvrages comme celui de Brangier et Barcelona [1]. Les laboratoires d'utilisabilité que nous avons étudiés peuvent se caractériser selon trois grandeurs :

- La taille : dans la grande majorité des cas, il existe deux tailles typiques de laboratoire. (1) les laboratoires de taille « minimum » ne disposant que de deux salles (une régie et une salle d'expérimentation) et (2) les laboratoires de taille « moyenne » disposant de trois ou quatre salles (un accueil, une régie et une ou plusieurs salles d'expérimentation : en général deux) et ayant une surface totale approchant 100 m².
- L'équipement : tous les laboratoires sont équipés d'une glace sans tain et de systèmes d'acquisition audio-vidéo plus ou moins perfectionnés. Deux niveaux d'équipement peuvent être distingués : (1) des caméras et micros autonomes sur trépieds placés dans la salle d'expérimentation ou derrière la glace sans tain, accompagnés éventuellement d'une régie minimum ; (2) une régie centralisée en régie permettant un mixage audio-vidéo de plus de deux sources.
- La spécialisation : certains laboratoires ont des domaines d'application très spécifiques. Par exemple, EvaLab au CHU de Lille est dédié à la santé. Cette spécialisation influe naturellement sur les dispositifs d'acquisition présents dans le laboratoire.

Ces grandeurs, en pratique ne sont pas orthogonales : nous avons pu constater qu'en général les laboratoires de petite taille ont un équipement léger. Cette ébauche de classification a été réalisée sur les laboratoires français, mais un tour d'horizon des laboratoires étrangers décrits sur le web nous permet raisonnablement de penser qu'elle est également pertinente pour l'ensemble des laboratoires d'utilisabilité.

Parmi les nombreux retours d'expérience que nous avons pu collecter, un s'est distingué par sa récurrence : la gestion des flux audio-vidéo, que ce soit au niveau des connexions, du mixage ou de l'enregistrement est considérée comme délicate à mettre en œuvre. C'est pourquoi, nous

⁷ Cette mésaventure nous est réellement arrivée...

avons pris cet aspect particulièrement en considération lors de la création de notre plateforme.

Objectif

Notre objectif, en créant la plateforme MultiCom, était de disposer d'un outil pour l'évaluation de l'utilisabilité et de l'usage d'une large gamme de dispositifs, allant des systèmes interactifs classiques, confinés à un poste de travail, aux environnements ubiquitaires (par exemple un musée ou un appartement intelligent). En outre, nous n'avons de domaine d'application attiré : la plateforme se devait d'être générique.

Dans notre cahier des charges, la plateforme idéale devait ainsi être **générique** et **modulaire** de manière à pouvoir simuler une multitude d'environnements avec un minimum d'efforts, un peu comme une scène de théâtre où l'on peut changer le décor en fonction des pièces que l'on souhaite y jouer. En second lieu, elle devait être rapidement **reconfigurable**, entre les expérimentations et même en cours d'expérimentation, de manière à pouvoir gérer différents « actes » dans une expérimentation. De plus, elle devait être de **surface importante** afin de pouvoir recréer un environnement réaliste comme les pièces d'un appartement ou les salles d'un musée en vue de simuler des environnements ubiquitaires. Enfin, elle se devait d'être **évolutive** de manière à pouvoir s'adapter à de nouveaux dispositifs à évaluer et de nouveaux dispositifs d'observation (par exemple les RFID). Nous avons préféré la dénomination « plateforme » à celle de « laboratoire » afin d'insister sur les spécificités du cahier des charges.

Historique et méthode de création de la plateforme

Notre plateforme faisait partie du réseau des plateformes usage, initiative du RNRT en 2003, qui a donné naissance à deux plateformes aujourd'hui encore opérationnelles : celle de Lutin/Userlab à la Cité de Sciences et la notre. À cette initiative nationale s'est ajoutée une initiative locale de construction du « Centre des Technologies du Logiciel », bâtiment destiné à faciliter l'interaction entre les mondes de la recherche et de l'industrie. Trois espaces de 200 m² étaient disponibles pour la réalisation de plateformes, dont un a été mis à notre disposition.

À partir de notre cahier des charges, des exemples de laboratoires existants, des retours d'expériences de leurs utilisateurs, d'un espace de vingt mètres sur dix, et d'un ensemble (semble-t-il inépuisable) de contraintes techniques, nous avons progressivement élaboré le plan de la plateforme et de son infrastructure technique. La genèse du plan définitif fut assez longue, mais la progression a été régulière, probablement grâce à l'utilisation de méthodes de conception participatives adaptées de celles que nous avons préconisées pour le développement de systèmes interactifs [2].

Les deux phases les plus importantes ont été la définition de la structure des espaces (cloisons) et de leur équipement technique fixe (portes, glaces sans tain et câblages) qui sont des éléments difficilement modifiables a posteriori. Pour nous assister, nous avons notamment fait appel à un cabinet de conseil en acoustique et en thermique des bâtiments et à des experts en matériel audio-vidéo. Les plus importantes décisions que nous avons prises ont été de réserver la moitié de l'espace disponible à un grand plateau d'expérimentation, de prévoir une isolation phonique de qualité et un pré-câblage important des espaces d'expérimentation.

Le bâtiment a été livré fin 2004. La première « cloison » de notre plateforme a été fixée en mars 2005. L'installation des infrastructures (cloisons, isolation phonique, glaces sans tain, silencieux de ventilation, courants forts et faibles) puis l'installation des équipements (caméras, micros, vidéoprojecteurs, régie) ont duré environ six mois. La plateforme a été inaugurée en octobre 2005. La mise au point des équipements, avec notamment l'aménagement complet de la régie, s'est poursuivie ensuite pendant environ un an.

STRUCTURE TECHNIQUE

Les espaces de la plateforme

La plateforme est géographiquement située dans un bâtiment distinct de notre laboratoire. Elle y occupe un espace de 200 m² utiles. La plateforme est divisée en cinq espaces (figure 1).

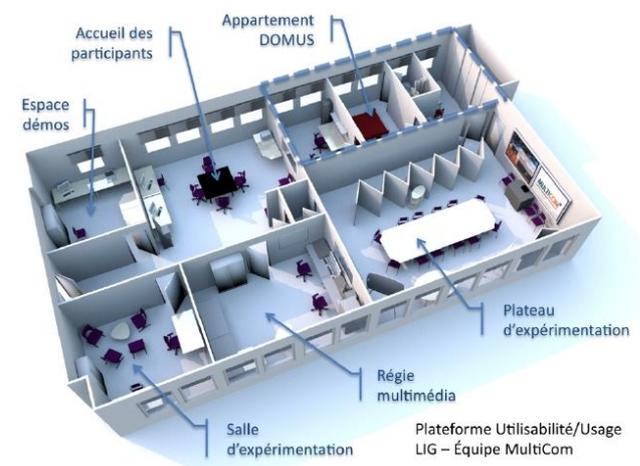


Figure 1 : Plan de masse de la plateforme.

Un premier espace central, donnant sur l'entrée de la plateforme, a pour rôle principal l'accueil des sujets et des visiteurs. À partir de cet espace, il est possible d'accéder directement à tous les autres espaces de la plateforme. Nous avons notamment réservé un espace pour les démonstrations des nouveaux dispositifs d'interaction réalisés par l'équipe. L'espace d'expérimentation lui-même est constitué de trois pièces : une salle d'expérimentation, un plateau et une régie.

La **salle d'expérimentation** (20 m²) est destinée aux expérimentations de dispositifs classiques (clavier-souris-écran) ou aux expérimentations utilisant l'oculométrie. Elle est généralement utilisée avec au maximum un ou deux sujets (figure 2). Elle sert également en binôme avec le plateau lorsque des expérimentations liées au travail collaboratif sont mises en place.



Figure 2 : Salle d'expérimentation (20 m²).

Le **plateau** (100 m²) constitue un espace modulaire de simulation d'environnements interactifs (figure 3). À la manière d'une scène de théâtre, le plateau dispose de projecteurs permettant le contrôle de l'ambiance lumineuse, de structures porteuses destinées à accueillir toutes sortes de dispositifs (cloisons temporaires, caméras, micros, projecteurs, vidéoprojecteurs, antennes RFID, etc.). Actuellement, l'appartement Domus occupe une petite moitié du plateau.



Figure 3 : Plateau d'expérimentation (100 m²).

L'isolation phonique de la plateforme a été particulièrement soignée. Ainsi, la salle d'expérimentation et le plateau disposent d'une isolation phonique d'au moins 50 dB avec la régie. De plus, le passage de l'espace d'accueil au plateau s'effectue via un sas. Cela permet de contrôler aisément l'ambiance sonore des expérimenta-

tions et aux observateurs de travailler normalement sans risquer de perturber l'expérimentation en cours. Cette isolation a nécessité la pose de cloisons et de portes spéciales, ainsi que la mise en place de silencieux sur le système de chauffage et les bouches de ventilation.

La **régie** occupe une place centrale sur la plateforme (figure 4). Elle dispose de deux glaces sans tain permettant une vue directe sur la salle d'expérimentation et le plateau. C'est également le centre névralgique du système de contrôle de l'environnement et d'acquisition de données de la plateforme. En effet, tous les flux de contrôle et tous les flux d'information issus des systèmes présents sur la plateforme convergent vers la régie. Elle accueille également tout le matériel électronique et informatique nécessaire au fonctionnement des systèmes d'acquisition.



Figure 4 : Régie avec sa glace sans tain.

L'acquisition des données

Lors de la conception de l'architecture de la plateforme, nous avons décidé de choisir une implantation technique permettant de limiter au maximum les opérations de câblage physique lors du montage d'une expérimentation. Ce choix a été dicté par deux constats issus de l'expérience :

- Les nombreux montages et démontages de régies audio-vidéo nous ont appris que ces opérations sont fastidieuses et prennent beaucoup de temps. D'autre part, les câblages temporaires sont souvent sujets aux erreurs et dysfonctionnements aléatoires.
- La plateforme est utilisée par des chercheurs de profil non technique pour lesquels les opérations de câblage physique sont très peu naturelles, et en pratique rarement réussies...

Dans cette optique, nous avons donc équipé les deux espaces d'expérimentation de borniers sur les murs et au plafond, dont tous les câbles sont reliés en régie aux systèmes d'acquisition, et ce, de manière permanente. Pour la vidéo, nous avons favorisé des liaisons par câbles (blindés) plutôt que les technologies sans fil, peu fiables à

l'usage et sujettes aux problèmes de compatibilité électromagnétique.

Les câbles destinés aux micros sont tous reliés de manière permanente, qu'ils soient utilisés ou non, à une table de mixage disposant d'un grand nombre d'entrées. Il en est de même pour les huit micros sans fils. La sélection des micros utiles pour une expérimentation donnée s'effectue par activation des entrées correspondantes sur la table de mixage. Le gain des micros est préréglé, ce qui permet à toute personne de configurer la capture sonore d'une expérimentation par simple pression sur une série d'interrupteurs et sans effectuer de réglage.

Les flux vidéo sont gérés selon la même philosophie. Cependant la vidéo, à la différence du son, peut être affichée sur plusieurs écrans (afin de permettre le monitoring de l'expérimentation) et mixée de façon à réaliser des incrustations (par exemple, incruster la tête du sujet sur une copie de son écran de travail ou rassembler 4 flux vidéo sur un même flux). Les flux vidéo comprennent également, en plus des caméras fixes, d'autres sources comme une mini-caméra sans fil ou un système permettant d'enregistrer le film d'écran des activités effectuées par un sujet sur un PC.

Pour la gestion des flux vidéo, nous avons opté pour une approche permettant à la fois la versatilité de l'organisation des flux vidéo et une commande centralisée simplifiée. Ainsi, l'ensemble des flux vidéo est centralisé sur un concentrateur. Celui-ci est commandé via le réseau par un logiciel développé en interne qui présente à l'utilisateur, sur un plan de la plateforme, tous les dispositifs d'acquisition, de mixage, de visualisation, d'enregistrement, et de diffusion (figure 5). Par manipulation directe des dispositifs virtuels, il est ainsi possible de configurer en temps réel les flux vidéo. Les quatre moniteurs physiques présents en régie sont également reproduits virtuellement dans le logiciel. Ceci permet notamment une configuration à distance, par exemple depuis la salle et le plateau d'expérimentation eux-mêmes.

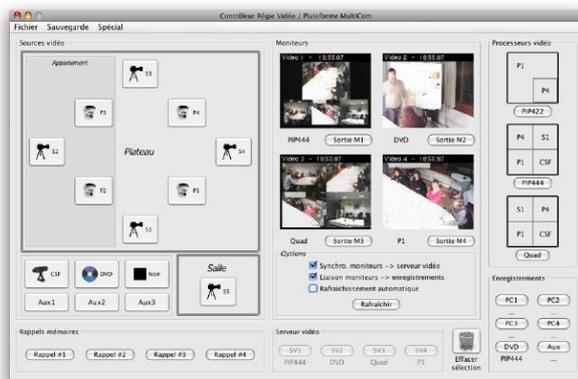


Figure 5 : Logiciel de contrôle des flux vidéo.

L'enregistrement de la vidéo peut s'effectuer sur un PC disposant de quatre voies d'acquisition et sur un DVD vidéo (en général utilisé comme copie de sécurité). Dans tous les cas, le flux sonore stéréo issu de la table de mixage est associé aux flux vidéo. L'ensemble du matériel, hors table de mixage, régie lumière et moniteurs, est rassemblé dans une baie technique qui assure la ventilation et protège les câblages (à droite sur la figure 4).

Nous avons choisi de réaliser l'acquisition et le mixage des flux de manière analogique. Par contre, la commande et l'enregistrement final (PC et DVD) sont numériques. Ce choix a été dicté par le pragmatisme : au moment de la création de la plateforme, les systèmes numériques étaient peu répandus, onéreux, et manquaient de retour d'expérience. Aujourd'hui encore, le mixage numérique temps réel n'est pas facile d'accès.

De même, l'expérience nous a appris à privilégier du matériel professionnel pouvant être installé en rack, pour tous les éléments, même les plus simples. En effet, à de rares exceptions près, les systèmes grand public achetés dans un premier temps ont pratiquement tous dû être remplacés suite à des défaillances techniques (probablement liées aux conditions d'utilisation soutenues de notre matériel).

Équipements spécifiques d'observation

Deux systèmes d'analyse des mouvements oculaires « *eye-trackers* » complètent l'équipement de la plateforme. Le premier est intégré dans un écran 17" (*Tobii 1750*). Il enregistre les parcours oculaires de sujets en train d'effectuer une tâche localisée exclusivement sur cet écran (par exemple : navigation Internet, utilisation d'un logiciel, séquence d'images, vidéos). Nous disposons de manière complémentaire d'un second oculomètre, mobile, porté par le sujet (*ASL Mobile Eye*). Il s'agit d'un système de lunettes oculométriques couplé à un enregistreur porté à la ceinture par le sujet. Le système enregistre le parcours oculaire d'un sujet en mobilité en surimpression sur une vidéo du contexte. Il est adapté aux environnements non limités à un écran (par exemple : simulation de musée ou de bloc opératoire). Les données recueillies par ces systèmes sont synchronisées, le cas échéant, avec d'autres données comportementales pour une analyse ultérieure. Les logiciels de traitement de données spécifiques sont développés en interne pour compléter les outils fournis avec les deux systèmes.

Le traitement des données

La première tâche à effectuer après une expérimentation consiste à rassembler, valider et sauvegarder toutes les données comportementales produites par le ou les sujets. Les données peuvent être de plusieurs types (audio-vidéo, verbatim, traces d'activités, traces RFID, réponses aux questionnaires, trajets oculaires, données physiologiques, etc.). Selon les expérimentations, les données au-

dio-vidéo sont synchronisées et mixées en cours d'expérimentation ou a posteriori via des logiciels de montage spécifiques (par exemple : Vegas Pro). L'annotation des données audio-vidéo est réalisée via un ou plusieurs logiciels dédiés (par exemple : Noldus The Observer XT, Anvil, Morae). Des données externes et automatiques, telles que des données oculométriques, peuvent être importées dans certains de ces logiciels.

Ensuite, des outils statistiques, tels que SAS et SPSS, permettent de traiter les données issues des expérimentations, en prenant en compte le plan expérimental (analyses descriptives, tris croisés, tests du χ^2 , analyse de variance, tests paramétriques, régression, etc.).

Dans la quasi-totalité de nos expérimentations, les tâches d'analyse et, dans une moindre mesure, celles d'annotation sont encore réalisées de façon entièrement manuelle. Ces tâches sont par conséquent de grandes consommatrices de temps. C'est pourquoi, sur un certain nombre d'expérimentations, nous avons cherché à les automatiser. Bien que ce soit encore un domaine prospectif, nous pouvons maintenant annoter en temps réel les actions d'un utilisateur pour les entrer dans le logiciel Noldus The Observer et analyser automatiquement certains critères, par exemple l'acceptation ou non de la proactivité [3]. Cette approche, bien que limitée à certains critères formellement définis, permet la sortie de résultats très rapidement après la fin de la passation des sujets. C'est l'un des objectifs de recherche de l'équipe.

EXEMPLES D'UTILISATION

Parmi les expérimentations qui ont eu lieu sur la plateforme, nous en avons retenu trois qui, pour des raisons différentes, illustrent l'intérêt de disposer d'un tel outil.

Dynemo

L'objectif du projet ANR « Dynemo »⁸ consistait à construire et valider un corpus d'expressions faciales émotionnelles dynamiques et spontanées. Ce projet s'inscrivait dans un contexte de psychologie expérimentale et nécessitait un très grand nombre de sujets (380). La plateforme a été affectée à ces expérimentations de manière quasi permanente pendant 6 mois. Celles-ci se sont déroulées en plusieurs phases.

Après la phase de création des matériels d'induction (11 émotions au total ont été retenues), la phase suivante a eu pour objectif la définition des procédures et la configuration technique de la plateforme. En effet, les expérimentateurs n'ayant pas tous des compétences techniques (chercheurs ou étudiants en psychologie le plus souvent), les diverses configurations nécessaires ont été pré-enregistrées et des procédures très simples de démarrage,

de suivi et d'arrêt de l'expérimentation ont été mises en place.

Les passations des sujets se sont ensuite déroulées en caméra cachée : une caméra filmait le visage zoomé du sujet, une autre caméra filmait le sujet en entier. En régie, l'expérimentateur contrôlait à distance l'écran du sujet et, grâce aux retours des caméras, pouvait agir sur le cadrage d'une des caméras pour le rectifier le cas échéant. Le retour du micro caché dans la pièce était également utilisé pour certaines inductions. Un flux vidéo, provenant du mixage des deux caméras ainsi que du film d'écran du sujet, était enregistré en temps réel.

Dans ce projet, la plateforme a montré son efficacité, puisqu'elle a permis de produire et de valider un volumineux corpus. Notamment, sa fiabilité sur une longue période d'utilisation soutenue (6 mois) ainsi que la simplicité d'utilisation de la régie ont été des éléments déterminants à la réussite du projet.

Muséum de Grenoble

Dans le cadre d'une prestation pour le Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble⁹, nous avons été chargés d'évaluer de nouvelles techniques d'interaction en médiation muséale. Pour cela, nous avons reconstitué sur les 100 m² du plateau cinq espaces d'exposition présentant une partie des véritables collections du musée. Les sujets-visiteurs pouvaient ainsi parcourir librement ces cinq espaces et interagir avec les collections via les différents dispositifs de médiation mis à leur disposition, tels qu'un tapis tactile, une vitrine à opacification commandée, une borne rotative et un écran tactile mobile (figure 6). Une partie des systèmes interactifs étaient simulés grâce à la technique du magicien d'Oz.



⁸ <http://dynemo.ligforge.imag.fr/>

⁹ <http://www.museum-grenoble.fr/>

Figure 6 : Sujet utilisant un écran tactile mobile (Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble).

Nous avons pu découper l'expérimentation en « scènes » : grâce au mécanisme de pré-enregistrement des diverses configurations. Ainsi, à chaque changement d'espace du visiteur, les systèmes d'acquisition (son et image) étaient reconfigurés de manière automatique pour permettre une acquisition optimale des données (meilleur angle de vue des caméras et micro le plus proche).

La grande surface du plateau ainsi que la facilité de reconfiguration des flux enregistrés en cours d'expérimentation ont été les fonctionnalités clés qui nous ont permis de mettre en œuvre la scénarisation de cette expérimentation avec la réactivité souhaitée lors du changement de scène (quelques secondes). Nous avons pu laisser les visiteurs interagir librement avec les dispositifs de médiation, et ainsi conserver au maximum le caractère « naturel » d'une visite de musée. Cela nous a permis d'évaluer non seulement d'évaluer l'ergonomie, mais aussi d'approcher la problématique de l'usage.

Appartement intelligent « Domus »

Pour le projet « Domus », dans le cadre de l'institut Carnot LSI¹⁰, nous avons construit sur le plateau le prototype d'un appartement intelligent (40 m²). Cet appartement est destiné à être à la fois une vitrine, un démonstrateur et surtout un banc d'essai des nouvelles techniques d'interaction en domotique, dans la philosophie des *Living Labs*. Ces techniques vont ainsi pouvoir être mises en œuvre et évaluées dans un cadre réaliste. En effet, cet appartement comprend un ensemble de pièces représentatives d'un appartement classique (bureau, chambre, salle de bains et cuisine avec salle à manger) et dispose d'un véritable mobilier (figure 7). De plus, l'ensemble du système électrique de l'appartement est contrôlé par un système domotique, basé sur le standard actuel KNX. Il inclut également des lecteurs d'étiquettes RFID pour une interaction utilisant des objets tangibles.



Figure 7 : Appartement « Domus » du LSI Carnot.

Cette expérimentation tranche par rapport aux précédentes car elle est installée à long terme (2 ans minimum), et a demandé la mise en place d'une infrastructure conséquente (cloisons, plafond, électricité, plomberie, ventilation, etc.). Elle sera le lieu d'accueil d'expérimentations variées allant de tests techniques d'installations et de configurations de systèmes domotiques jusqu'à des analyses d'usages de ces mêmes systèmes. Il est d'ailleurs prévu que des sujets « vivent » temporairement dans cet appartement de manière à capturer leurs traces d'activités. Ce prototype préfigure la réalisation d'un véritable appartement habitable. Une telle expérimentation n'a pu voir le jour que dans un environnement où un espace suffisant, vaste et pérenne était disponible.

RETOURS D'EXPERIENCE

Aménagement et équipement

De nombreuses difficultés ont émaillé la construction et l'aménagement de la plateforme. Il est possible de les classer en trois sources :

- (1) Certaines malfaçons apparues lors de la construction même du bâtiment ont eu (et ont encore) un impact direct sur l'utilisation de la plateforme. Par exemple, le système de régénération d'air du bâtiment n'a jamais fonctionné correctement depuis sa construction. Cela nous oblige à effectuer une aération en ouvrant les fenêtres. Le bâtiment étant en bordure de la rocade grenobloise, la prise de son devient parfois difficile...
- (2) La spécificité de nos besoins « hors normes » a été mal comprise par les services techniques de l'université et a eu pour conséquence une certaine réticence à accéder à nos demandes lors de l'aménagement initial. Même s'il y a encore une marge de progrès, notamment dans la maintenance du bâtiment, nos besoins ont été de mieux en mieux compris au fil du temps.
- (3) Les fournisseurs, malgré leurs affirmations, n'ont pas toujours la compétence promise. Par exemple, le système de contrôle des caméras a dû être mis au point par nos soins car le fournisseur n'a pas été en mesure d'en terminer l'installation. De même, il faut savoir nuancer les conseils des spécialistes (en sonorisation ou vidéo notamment) qui ont une expérience très liée aux applications courantes de leurs matériels (par exemple des concerts), laquelle ne s'applique pas forcément à notre usage très spécifique.

Dans ces trois cas, un suivi constant des travaux et une ténacité certaine (et quelques erreurs) ont été nécessaires

¹⁰ <http://www.carnot-lsi.com/>

au bon avancement du projet. Un tel projet aurait pu être géré en 6 à 12 mois. En pratique, deux ans ont été nécessaires, mise au point inclus. L'expérience nous a été profitable, car pour l'installation de l'appartement intelligent « Domus », certes d'une moindre complexité, six mois seulement ont été nécessaires entre les premières ébauches et la mise en œuvre.

Financement

La plateforme, son aménagement et son équipement ont été financés par de multiples sources (laboratoire, université, région, état). Le projet RNTL Coucou a permis d'acquérir la base de l'équipement. Pour compléter l'équipement au fil de l'eau, nous avons également largement « picoré » sur d'autres contrats. Le budget total (aménagement et équipement complet) est de l'ordre de 200k€. À ce coût matériel, il faut ajouter le coût en ressources humaines, que nous estimons à environ une année (12 homme × mois) pour l'ensemble des intervenants de l'équipe. À ce budget d'investissement, il faut ajouter un budget non négligeable de consommables, de remplacement ou réparation d'équipements et, bien entendu, les coûts spécifiques liés aux expérimentations.

Utilisation au jour le jour

Alors qu'auparavant plusieurs jours nous étions nécessaires à l'installation et au paramétrage des systèmes d'acquisition, il ne nous faut plus maintenant que quelques heures, voir quelques dizaines de minutes. Les aspects techniques qui accaparaient une grande partie des ressources lors de la mise en place d'une expérimentation sont devenus secondaires au profit du protocole expérimental, qui redevient ainsi le centre de nos préoccupations. Nous pouvons notamment nous consacrer à la mise en place d'environnements très réalistes. Au final, la durée d'installation d'une expérimentation a finalement peu changé, elle a même plutôt augmenté, car les possibilités de la plateforme nous ont incités à envisager des expérimentations de bien plus grande envergure.

Positionnement

La plateforme est aujourd'hui utilisée dans deux cadres distincts, l'un académique, comme moyen support aux projets de recherche dans lesquels notre équipe est partenaire, l'autre industriel, sous forme de prestations via la filiale industrielle de l'université J. Fourier (Floralis¹¹).

La plateforme est un instrument attaché à notre équipe de recherche, et en conséquence elle n'est pas vue comme un service commun au laboratoire. Cette distinction est très importante. En effet, pour être utile, une plateforme doit être adaptée au plus près aux besoins des activités de recherche, et doit donc évoluer et s'adapter sans cesse à l'évolution des thématiques. Cette évolution continue est couteuse et nécessite donc que les projets utilisant la pla-

teforme participent financièrement à son évolution. Mais plus encore, elle demande une forte implication des personnels, à fois celle des ingénieurs mais aussi celle des chercheurs. Ils doivent donc être directement impliqués dans la vie de la plateforme, et cela n'est viable que si une activité de recherche soutenue et productive y est effectuée.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La conception d'une telle plateforme est une grande aventure à la fois technique et humaine dans laquelle nous nous sommes beaucoup investis. Notons qu'une telle réalisation n'est sérieusement envisageable que si l'équipe dispose de moyens humains à plein temps et pérennes (ingénieurs) pour la conception et surtout pour la mise en œuvre au jour le jour, car une telle infrastructure demande des soins attentifs et une grande mémoire de conception. De multiples compétences sont nécessaires : informatique, vidéo, son, éclairage, statistique, électronique, électricité, bricolage, domotique, ...

Il faut également bien veiller à ne pas voir la plateforme comme une fin en soi, mais avant tout comme un instrument au service de la recherche. L'outil doit se faire oublier au profit des protocoles et plus généralement des objectifs de recherche. L'intérêt de disposer d'un outil performant est qu'il apporte une plus grande facilité de mise en œuvre des expérimentations.

Le nombre de projets effectués depuis sa création sur la plateforme montre aujourd'hui la pertinence du concept de plateforme d'utilisabilité/usage. On pourra cependant regretter que les projets liés à l'évaluation de l'interaction homme-machine soient restés minoritaires au profit d'évaluation de systèmes d'EIAH, de focus-group ou d'expérimentations de psychologie expérimentale (domaines pour lesquels la plateforme est également adaptée).

La plateforme est un outil que nous souhaitons ouvrir au plus grand nombre d'équipes dans le cadre de collaborations de recherche. Les équipes intéressées peuvent contacter les auteurs de l'article pour ces collaborations ou des conseils pour l'installation d'une plateforme équivalente. Dans ce cadre, nous avons proposé la création d'un réseau national des plateformes usages de manière à fédérer à la fois les expériences et les moyens de la recherche académique dans ce domaine.

Si cette plateforme était à refaire, évidemment nous la réaliserions différemment, mais globalement l'organisation des salles ainsi que le principe de gestion des flux audio et vidéo resteraient similaires. Actuellement, nous menons une réflexion pour le passage au tout numérique (caméras IP), mais cette solution, qui est utilisée en test pour l'appartement intelligent, garde encore son lot d'incertitudes.

¹¹ <http://www.floralis.fr>

BIBLIOGRAPHIE

1. Brangier, É. et Barcenilla, J. *Concevoir un produit facile à utiliser*. Édition d'organisations, Paris, 2003.
2. Caelen, J., Jambon, F. et Vidal, A. Conception participative : des "Moments" à leur instrumentation. *Revue d'Interaction Homme-Machine (RIHM)*. 6, 2 (2005), pp. 1-29.
3. Jambon, F., Golanski, C. et Pommier, P.-J. Meta-Evaluation of a Context-Aware Mobile Device Usability. *International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM'07)* (November 4-9, IEEE Computer Society Press, 2007, pp. 21-26.