
CONTINUITÉ DE L'INTERACTION : UNE NOUVELLE EXIGENCE POUR LA MULTIMODALITÉ

Dubois Emmanuel^(1,2), Nigay Laurence⁽¹⁾, Troccaz Jocelyne⁽²⁾

⁽¹⁾ CLIPS-IMAG, Equipe IIHM
BP53
38041 Grenoble Cedex 9

⁽²⁾ TIMC-IMAG, Equipe GMCAO
IAB, Faculté de Médecine
38706 La Tronche Cedex

Résumé — Devant l'émergence de nouveaux principes d'interaction, les objets composant l'environnement de l'utilisateur jouent un rôle de plus en plus grand dans l'interaction avec les systèmes actuels. Considérer la multimodalité d'un système et établir des choix de conception en termes de combinaison des modalités doit désormais s'adapter à ces nouvelles situations d'interaction. Afin de prendre en compte l'environnement d'interaction, nous proposons de modéliser l'interaction en utilisant la notation OP-a-S. Cette notation permet d'identifier les composants de l'interaction et les échanges d'informations entre ces composants. Ce couple (composant, information) permet, lors de la conception de systèmes multimodaux, de s'interroger sur des propriétés ergonomiques nouvelles, liées à l'intégration de l'environnement de l'utilisateur. Nous illustrons notre propos avec la propriété de continuité de l'interaction.

1. Introduction

Une part importante de la conception d'un système multimodal repose sur le choix des modalités utilisées. En reprenant la définition d'une modalité présentée dans [5], il apparaît que ce choix doit considérer le dispositif physique porteur de l'information, ainsi que le langage, c'est à dire le système représentationnel, utilisé pour exprimer l'information. Ce couple (dispositif, langage) permet d'identifier un large éventail de modalités et de caractériser l'interaction aux niveaux physique et cognitif.

A l'origine, la première composante des modalités utilisées dans les systèmes multimodaux s'est déclinée en un ensemble de dispositifs centrés autour d'un même espace d'interaction : l'ordinateur. Ainsi, des pointeurs, des caméras, des microphones combinés avec la souris, le clavier, etc. constituaient des systèmes multimodaux dont le but principal visait à assurer une communication plus naturelle.

Néanmoins, avec le développement de nouvelles technologies, les dispositifs d'interaction connaissent actuellement une réelle expansion. Les nouveaux paradigmes d'interaction en témoignent : interfaces tangibles (TUI), interfaces gestuelles, interfaces perceptuelles, interfaces vestimentaires, réalité augmentée (RA), etc. Les PDA (Personal Digital Assistant), les portables, les capteurs divers permettent à l'utilisateur de changer d'espace d'interaction. De plus, cet espace d'interaction tend à accorder de plus en plus de place à l'environnement physique de l'utilisateur. Par exemple les Media Blocks [4] reposent sur l'utilisation d'icônes physiques pour manipuler les menus d'une application informatique. Quant aux systèmes de chirurgie assistée par ordinateur, ils utilisent des localisateurs 3D pour positionner les outils chirurgicaux dans des images médicales acquises en phase préopératoire. L'ordinateur devient alors un outil plus qu'un objet de travail, et l'espace d'interaction sort définitivement de l'espace composé par le bureau et l'ordinateur.

Outre le fait que les systèmes interactifs multimodaux ne restent plus cantonnés à une zone de travail bien délimitée, l'intégration de l'environnement physique naturel de l'utilisateur dans l'espace d'interaction favorise la multiplicité des modalités utilisables. La variété des modalités désormais disponibles rend le choix de celles-ci encore plus large.

De plus, l'étude de la combinaison des modalités au niveau du dispositif et du langage en terme de choix et d'usage, comme le font les propriétés CARE [2], n'est plus suffisant. Des considérations ergonomiques au niveau de l'interaction doivent être prises en compte. La continuité de l'interaction en est un exemple.

Nous présentons dans le paragraphe suivant notre notation OP-a-S [3], qui permet de modéliser l'interaction d'un utilisateur avec un système interactif en identifiant d'une part les composants du système et d'autre part l'échange d'informations entre ces composants. Nous montrons enfin comment OP-a-S constitue une base de réflexion à la prise en compte de nouvelles propriétés ergonomiques, en abordant le problème de la continuité de l'interaction aussi bien au niveau du dispositif que du langage.

2. OP-a-S : outil de modélisation de l'interaction

2.1. Les composants

La première étape de la modélisation d'un système interactif avec notre notation OP-a-S repose sur l'identification et la caractérisation des composants constituant le système. Chaque composant du système peut être soit un objet du monde réel (composant **O**), soit une personne utilisant le système (composant **P**), soit un adaptateur (composant **A**), soit le système informatique (composant **S**).

Voyons plus en détail ce que chacun de ces composants reflète :

- composant **Oo** : un objet du monde réel, véritable objet de la tâche,
- composant **Ot** : un objet du monde réel, utilisé comme outil au cours de la réalisation de la tâche,
- composant **P** : l'utilisateur du système,
- composant **S** : le système informatique,
- composant **a** : un adaptateur, constituant un pont entre le monde réel (Oo, Ot, P) et le monde informatique (S), pour permettre le transfert d'informations d'un monde à l'autre. Cette notion d'adaptateur est précisée par son type : adaptateur de sortie (**AS**) pour véhiculer des informations du monde informatique vers le monde réel (écran, "HMD", "PDA"), adaptateur d'entrée (**AE**) pour véhiculer des informations du monde réel vers le monde informatique (clavier, localisateur, caméra, microphone).

Au cours de l'utilisation du système, les composants échangent de l'information. Par exemple dans une application de chirurgie assistée par ordinateur, la position courante d'un outil est transmise, via un localisateur, au système informatique. Cette information de position est ensuite traduite en une représentation graphique ou textuelle que l'utilisateur peut percevoir sur un écran (adaptateur de sortie). Cette communication entre les composants constitue le second principe de notre notation : les relations.

2.2. Les relations entre composants

Les relations entre composants OP-a-S d'un système interactif sont représentées par une flèche orientée de l'émetteur vers le destinataire. Ainsi la relation AS→P représente le fait que l'utilisateur perçoit des informations par le biais d'un adaptateur de sortie (un écran par exemple). A l'opposé, la relation P→AE reflète la transmission d'information par l'utilisateur à un adaptateur d'entrée (par exemple un clavier, ou un localisateur dans le cas où les mouvements de l'utilisateur ont une importance lors de l'interaction).

Illustrons maintenant cette notation avec notre application de chirurgie assistée par ordinateur : Computer ASSisted PERicardial puncture (CASPER) [1].

2.3. Exemples

L'accumulation de liquide entre le cœur et le péricarde (enveloppe située autour du cœur), constitue un épanchement qu'il est nécessaire de ponctionner. CASPER affiche sur un écran (composant **AS**) les données relatives à la trajectoire à suivre avec l'outil chirurgical, une aiguille de ponction, ainsi que la position courante de l'aiguille (composant **Ot**) tenue par le chirurgien (composant **P**). Un localisateur (composant **AE**) est utilisé pour localiser l'aiguille et le patient (composant **Oo**). Lors de l'exécution de la ponction par le chirurgien, il déplace l'aiguille et la perçoit (P↔Ot). L'aiguille est localisée par le localisateur (Ot→AE) qui transmet les informations vers l'ordinateur (AE→S). Une fois les calculs effectués, les informations sont affichées à l'écran (S→AS) où le chirurgien peut percevoir ces informations (AS→P).

Supposons maintenant que CASPER procure en plus un retour de force via un bras robotisé (composant noté **AS2** sur la Figure 1) [6], le chirurgien et le robot tiennent l'aiguille simultanément tout au long de l'intervention chirurgicale. La modélisation du système fait alors intervenir une transmission d'informations du robot vers l'aiguille (AS2→Ot). La perception du retour d'effort par le chirurgien se fait via l'aiguille. La Figure 1 résume la modélisation de ces deux systèmes.

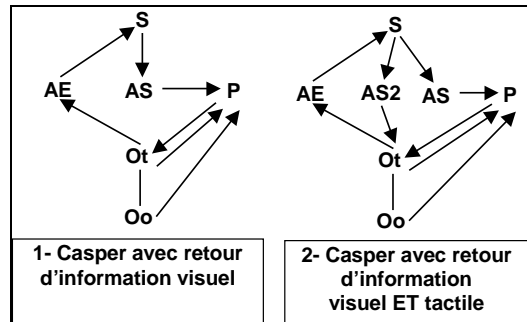


Figure 1 — Modélisation avec OP-a-S de deux versions de notre application de CASPER.

2.4. Mise en œuvre

La modélisation d'un système interactif par OP-a-S procure une description complète de l'interaction induite par le système. Dans cette modélisation, l'interaction utilisateur-système se manifeste sous la forme de relations connectées à l'utilisateur. Chacune de ces relations étant connectées à l'utilisateur, il est possible de dresser la liste des modalités utilisées en identifiant les couples (composant, relation), véritable instance du couple (dispositif, langage) permettant de définir une modalité.

Par exemple, dans notre application CASPER avec un simple retour d'information visuel, l'utilisateur perçoit des informations sur l'écran (composant AS) mais aussi au niveau du champ opératoire, en surface du patient (composant Oo). Les dispositifs sont d'une part l'écran et d'autre part l'environnement réel du chirurgien, le patient. Les informations portées sont respectivement la trajectoire à suivre et, au niveau du patient, les éventuelles torsions subies par l'aiguille. En utilisant les propriétés CARE, il y a complémentarité des informations.

Dans le second cas de l'application CASPER, le retour d'information se fait également via le bras robotisé (composant AS2). Cette nouvelle modalité apporte également des informations concernant la trajectoire planifiée. L'information est donc également complémentaire à celle perçue au niveau du patient mais équivalente à celle affichée par l'écran.

Au niveau de la combinaison des modalités, il n'apparaît donc pas de différence entre un retour d'information visuel et haptique. Toutefois en considérant les modalités au niveau de l'interaction, une différence existe : dans le premier cas, le chirurgien doit faire des allers-retours entre l'écran et le champ opératoire, alors que dans le second cas, le retour d'effort est perçu par le chirurgien directement au niveau du champ opératoire.

Ce problème met en évidence la nécessité de prendre en compte de nouvelles propriétés ergonomiques lors de l'analyse de systèmes multimodaux, notamment la continuité de l'interaction. Le paragraphe suivant illustre sa mise en œuvre aux niveaux dispositif et langage.

3. Continuité de l'interaction

Reprenons les deux versions de CASPER. Lors d'un retour d'information visuel uniquement, le chirurgien se concentre alternativement sur le champ opératoire puis sur l'écran. Dans le cas du retour d'effort, le chirurgien peut se limiter au champ opératoire pour percevoir les informations nécessaires. Ce lieu géographique où l'utilisateur doit se focaliser pour percevoir l'information représente l'**environnement perceptif** de la relation OP-a-S allant de l'adaptateur de sortie ou de l'outil vers l'utilisateur. Si les relations nécessaires à l'interaction requièrent plusieurs environnements perceptifs, l'interaction est alors qualifiée de **discontinue au niveau perceptif**. Dans le cas contraire, l'interaction est dite **continue au niveau perceptif**. Afin de pallier la discontinuité perceptuelle induite par l'utilisation de l'écran, nous développons actuellement une version de CASPER basée sur la visualisation des informations relatives à la trajectoire à suivre, dans un casque semi-transparent. Les informations resteront équivalentes à celles fournies par le bras robotisé et complémentaires à celle perçues au niveau du champ opératoire.

Par ailleurs, une fois les informations de guidage projetées dans le casque semi-transparent, le chirurgien perçoit dans le même environnement perceptif la réalité et les informations virtuelles. Dans la version actuelle de CASPER, les informations de guidage sont représentées de manière arbitraire, en 2D, dans une forme similaire à celle d'un système de visée. L'aiguille réelle et la trajectoire à suivre en 3D doivent être mises en correspondance avec cette représentation 2D. Il y a une distance entre les représentations des deux modalités utilisées. Nous appelons cette distance représentationnelle, la **discontinuité cognitive**. Dans le cas de notre application CASPER, nous avons choisi d'adopter une représentation 3D de la trajectoire à suivre. Ceci réduit la discontinuité cognitive et une étude utilisateurs ultérieure nous permettra d'étudier l'impact de cette discontinuité cognitive dans cette tâche particulière.

4. Conclusion

Motivé par l'apparition de nouvelles modalités impliquant notre environnement usuel, nous avons montré comment OP-a-S permet de modéliser l'interaction d'un système multimodal. Dans cette modélisation, les modalités utilisées apparaissent sous

forme d'un couple (composant OP-a-S, relation OP-a-S).

OP-a-S permet de décrire les systèmes interactifs mettant en œuvre une partie du monde réel. Cette modélisation permet donc d'étudier les modalités utilisées dans des systèmes interactifs faisant usage des paradigmes émergents tels que TUI, RA, interfaces gestuelles, etc.

Enfin, adopter une approche centrée sur l'interaction utilisateur-système permet d'envisager la considération de nouvelles propriétés ergonomiques comme la continuité. Face au développement des nouvelles formes d'interaction, de telles propriétés ergonomiques, comme la continuité de l'interaction que nous avons présentée, sont désormais requises.

Nos prochains travaux viseront à identifier d'autres propriétés ergonomiques pertinentes pour permettre et faciliter le choix et la combinaison des modalités.

5. Remerciements

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une thèse financée par le CNRS. Il s'effectue en collaboration avec le CHU de Grenoble (service de chirurgie cardiaque). Il a reçu un soutien financier de la fédération IMAG (Informatique et Mathématiques Appliquées de Grenoble). Enfin il est influencé par les discussions menés avec nos partenaires du projet européen TACIT (TMR Research Network).

6. Bibliographie

- [1] Chavanon, O., Barbe, C., Troccaz, J., Carrat, L., Ribout, C., Blin, D., Computer Assisted Pericardial Punctures: animal feasibility study. Actes de la conférence *MRCAS'97*, 1997, p. 285-291.
- [2] Coutaz, J., Nigay, L., et al., Four Easy Pieces for Assessing the Usability of Multimodal Interaction: The CARE Properties. Actes de la conférence *Interact'95*, 1995, p.115-120.
- [3] Dubois, E., Nigay, L., Troccaz, J., Chavanon, O., Carrat, L., Classification Space for Augmented Surgery, Actes de la conférence *Interact'99*, 1999, P. 353-359.
- [4] Ishii, H., Ullmer, B., Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. Actes de la conférence *CHI'97*, 1997, p. 234-241.
- [5] Nigay, L., Coutaz, J., Espaces Conceptuels pour l'Interaction Multimédia et Multimodales, dans la revue *Techniques et Sciences Informatiques*, Vol. 15, 9, p.1195-1125.
- [6] Schneider, O., Troccaz, J., Chavanon, O., Blin, D., Synergistic robotic assistance to cardiac procedures. Actes de la conférence *CAR'99*, 1999, p. 127-135.