Interaction Chirurgien-Système : Gestes Médico-Chirugicaux Assistés par Ordinateur (GMCAO)

Emmanuel Dubois[12], Laurence Nigay[1] et Jocelyne Troccaz[2]

1 Laboratoire CLIPS-IMAG - Équipe IIHM
B.P. 53
38041 Grenoble Cedex 9

2 Laboratoire TIMC-IMAG - Équipe GMCAO
Institut A. Bonniot, Faculté de Médecine
38706 La Tronche Cedex

{Emmanuel.Dubois, Laurence.Nigay, Jocelyne.Troccaz}@imag.fr

INTRODUCTION

Cet article a trait aux espaces de classification et de conception des systèmes de Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur (GMCAO). Leur objectif clinique est d'aider le chirurgien à réaliser une stratégie optimale pendant une opération. Après une brève description de notre système et une présentation des étapes d'utilisation d'un système de GMCAO, nous présentons un des cadres taxinomiques utilisés dans le domaine. Un bilan analytique nous conduit ensuite à présenter notre contribution : OP-a-S, un espace centré sur les relations entre le chirurgien et le système. Nous conclurons enfin sur l'intérêt de notre espace pour les systèmes de réalité augmentée, afin de montrer la généralité d'OP-a-S.

MOTS CLÉS : Espace de classification, Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur, Réalité augmentée, Systèmes multimodaux.

NOTRE SYSTÈME CASPER

CASPER (Computer ASsisted PERicardial puncture) [1] vise à aider le chirurgien lors d'une ponction péricardique. Un épanchement péricardique se caractérise par la présence de liquide, entre le coeur et le péricarde, qui doit donc être ponctionné à l'aide d'une aiguille.

Le principe d'utilisation de CASPER repose sur les trois étapes caractéristiques d'utilisation des systèmes de GMCAO :

1- Perception : Cette phase consiste en l'acquisition d'informations utiles au choix de la stratégie optimale. Dans CASPER, cette phase consiste à enregistrer des images échographiques du coeur.

2- Raisonnement-décision : A partir du modèle du patient acquis à la phase précédente, une stratégie opératoire est établie. Dans CASPER, le chirurgien définit le contour de l'épanchement puis une trajectoire de ponction à partir des images acquises.

3- Action : Cette phase consiste à réaliser la stratégie opératoire établie à la phase précédente. Pour cette étape, CASPER utilise le principe d'un viseur, basé sur le repérage de l'outil par un système de diodes filmées par des caméras.

Après avoir présenté les étapes d'utilisation d'un système de GMCAO, nous présentons au paragraphe suivant une taxonomie de ces systèmes. Un bilan analytique nous conduit ensuite à présenter notre contribution : l'espace OP-a-S.

TAXONOMIE EXISTANTE : "PASSIFS, ACTIFS ET SEMI-ACTIFS"

Cette classification [2] est la plus connue du domaine et s'appuie sur le degré de passivité des systèmes. Les systèmes Passifs se contentent de fournir des informations au chirurgien, ce dernier accomplissant l'opération. C'est notamment le cas de CASPER. Par opposition, les Actifs réalisent de manière autonome une partie de l'opération chirurgicale. C'est par exemple un robot qui usine un os. Tous les autres systèmes sont considérés comme Semi-actifs. De manière plus précise, il s'agit des systèmes matérialisant la stratégie préopératoire au cours de l'opération (guide mécanique ou retour d'effort).

La taxonomie ne permet pas de distinguer finement les différents systèmes car seule la phase d'exécution (Action) de la tâche est prise en compte : les phases précédentes (Perception, Raisonnement-décision) ne sont pas prises en considération. A ceci s'ajoute un problème de terminologie. Initialement, les systèmes actifs et passifs étaient synonymes de systèmes motorisés, respectivement non motorisés. Avec le développement de nouveaux systèmes, cette terminologie n'est plus valable : en effet un robot motorisé porteur d'un microscope est un système purement passif. L'interprétation donnée à ces deux classes (Actif, Passif) a donc dû évoluer et induit des incertitudes de classification. Enfin, l'interaction entre le chirurgien et le système n'est absolument pas prise en compte dans cette taxonomie.

Faisant suite à cette analyse, nous avons développé un nouvel espace de classification, OP-a-S, centré sur l'interaction Chirurgien-Système.

NOTRE ESPACE OP-a-S

Le premier principe de notre espace consiste à ne pas considérer un système de GMCAO comme un tout mais comme la réunion de quatre composants : le chirurgien, c.-à-d. la personne (P) utilisant le système, l'outil chirurgical (O), par exemple une aiguille, le système informatique (S) et l'adaptateur (-a-), partie originale de notre espace, qui établit le lien entre le monde réel (O, P) et le monde informatique (S).

Nous raisonnons ensuite sur les relations existantes entre ces composants. Définies comme des transferts de données entre deux composants, les relations sont unidirectionnelles et doivent respecter des règles de construction [4]. Ainsi notre système CASPER peut être caractérisé dans notre espace OP-a-S par le schéma de la Figure 1 : l'utilisateur déplace l'outil; par l'intermédiaire des diodes et des caméras (c.-à-d.

l'adaptateur) le système est informé de la nouvelle position. Il est alors en mesure de la montrer à l'utilisateur en la situant par rapport à la trajectoire établie. Sur cet exemple on remarque que deux relations aboutissent au composant S (Système). Nous avons choisi d'exploiter cette richesse potentiellement présente au niveau de chaque composant pour affiner notre espace.

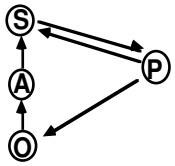

Figure 1 : Caractérisation de CASPER dans OP-a-S.

La Multiplicité Des Relations

Pour caractériser un système, nous répertorions les composants auxquels plusieurs relations aboutissent. Par exemple CASPER appartient à la classe S, puisque plusieurs relations (deux) parviennent au composant Système. La prise en compte de toutes les combinaisons des relations définit seize classes différentes, présentées dans [4]. Par exemple la classe AO regroupe les systèmes dans lesquels deux relations aboutissent à l'Adaptateur et deux autres à l'Outil.

Un second niveau d'affinement apparaît naturellement lorsque l'on s'intéresse à la combinaison des relations multiples au niveau d'un composant. Nous avons choisi de nous appuyer sur les propriétés CARE [3] pour caractériser cette combinaison.

La Combinaison Des Relations Selon CARE

Complémentarité, Assignation, Redondance et Equivalence sont utilisées pour caractériser l'usage des modalités d'entrée/sortie. Nous avons adapté ces propriétés pour caractériser la combinaison des relations aboutissant à un même composant.

Dans OP-a-S, ces propriétés sont localisées au niveau d'un composant et nécessitent deux autres composants. Par exemple, si l'utilisateur :

- voit sur l'écran du système la profondeur de pénétration de l'aiguille et,
- perçoit un retour d'effort, par le biais de l'adaptateur, pour l'aider à suivre la bonne trajectoire,

nous définissons alors une complémentarité du système et de l'adaptateur au niveau de l'utilisateur (P). Cette complémentarité est schématisée à la Figure 2.

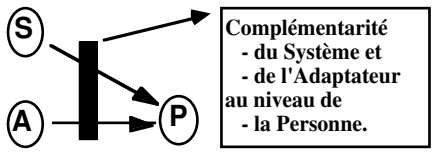

Figure 2 : Complémentarité du système et de l'adaptateur au niveau de l'utilisateur (P) dans l'espace OP-a-S.

Bilan

OP-a-S permet de classer les systèmes de GMCAO existants [4] et futurs mais aussi d'envisager de nouvelles possibilités pour des systèmes à concevoir. OP-a-S contribue donc à cerner l'espace de conception de ces systèmes et peut à ce titre faciliter le développement de leurs cahiers des charges.

GÉNÉRALITÉ DE L'ESPACE OP-a-S

Le principe utilisé dans OP-a-S repose donc sur l'utilisation d'entités et de relations. Il n'est donc pas dédié aux systèmes de GMCAO et peut être appliqué à d'autres types de systèmes interactifs.

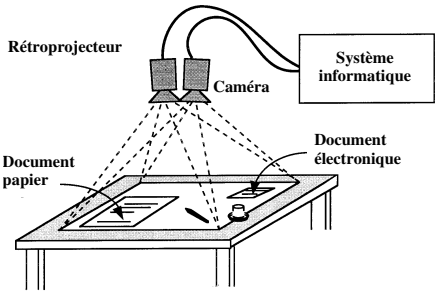

Figure 3 : Le principe du bureau numérique.

Prenons par exemple le cas du bureau numérique [5], un système de réalité augmentée développé par le Xerox Park de Cambridge. Comme le montre la Figure 3, il met en jeu deux adaptateurs : la caméra faisant le lien de l'outil (c.-à-d. le bureau) vers le système, et le rétroprojecteur établissant une liaison du système vers l'outil. Le bureau numérique est schématisé dans l'espace OP-a-S à la Figure 4.

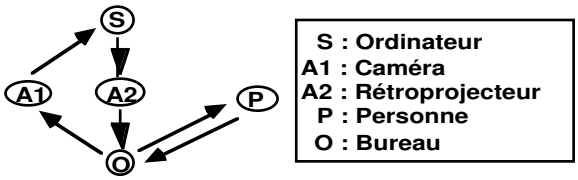

Figure 4 : Caractérisation du bureau numérique dans OP-a-S.

Par le biais de cet exemple, nous montrons que l'espace OP-a-S n'est pas dédié aux systèmes de GMCAO. En particulier l'exemple montre qu'il est applicable à des systèmes de réalité augmentée. Ce point nous semble prometteur car il n'existe actuellement ni de définition consensuelle ni d'espace de conception des systèmes de réalité augmentée.

BIBLIOGRAPHIE

1. O. Chavanon et al., Computer ASsisted PERicardial punctures : animal feasability study, MRCAS'97, (1997), p. 285-291.

2. P. Cinquin, GMCAO, Annales de radiologie, 34, n° 6/7, (1993), p. 386-406.

3. J. Coutaz et al., Four easy pieces for assessing the usability of multimodal interaction : The CARE Properties, Interact'95, (1995), p. 115-120.

4. E. Dubois, Interaction Personne-Système : le Cas Particulier des Systèmes de GMCAO, rapport de DEA de l'Université Joseph Fourier, (1997), 113 pages.

5. P. Wellner, Interacting with paper on the DigitalDesk, CACM, (36), 7, (1993).