HAL
open science

Premières Propositions de Modèle d'Analyse de Scénario, pour la Conception d'Outils Chirurgicaux Innovants

Rahi Rasoulifar, Guillaume Thomann, François Villeneuve, Jean Caelen

To cite this version:

Rahi Rasoulifar, Guillaume Thomann, François Villeneuve, Jean Caelen. Premières Propositions de Modèle d'Analyse de Scénario, pour la Conception d'Outils Chirurgicaux Innovants. 10ème Colloque National AIP Primeca, Apr 2007, La Plagne, France. 11 p. hal-00184657

HAL Id: hal-00184657

https://hal.science/hal-00184657v1

Submitted on 31 Oct 2007

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.

PREMIERES PROPOSITIONS DE MODELE D'ANALYSE DE SCENARIOS, POUR LA CONCEPTION D'OUTILS CHIRURGICAUX INNOVANTS.

Rahi Rasoulifar (1), Guillaume Thomann (1), François Villeneuve (1), Jean Caelen (2)

(1) Laboratoire Sols, Solides, Structures (3S),
Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production (G-SCOP),
Domaine Universitaire - BP 53
38041 GRENOBLE Cedex 9
Tél. : +33 (0)4 76 82 70 24
Fax : +33 (0)4 76 82 70 43
E-mail : rahi.rasoulifar@hmg.inpg.fr

(2) Laboratoire Communication Langagière et Interaction Personne-Système (CLIPS)
385, rue de la Bibliothèque - B.P. 53
38041 Grenoble Cedex 9
Tél. : +33 (0)4 76 51 46 27
Fax : +33 (0)4 76 44 66 75

Résumé :

Faute d'un dialogue constructif et d'une intercompréhension réciproque, les exigences et les besoins des chirurgiens sont souvent mal compris et donc mal retranscris par les concepteurs lors de la proposition des premiers prototypes proposés d'outils chirurgicaux. La pratique courante utilisée lors de la conception de ce type d'outils présente des dysfonctionnements qui retardent notamment la mise sur le marché des outils innovants.

Notre objectif est de travailler sur le processus de conception, sur son assistance par des méthodes et outils, et sur son organisation en terme de conduite de processus. Nous proposons dans cet article des méthodes de conception éprouvée dans le domaine de l'informatique : la "Conception Centrée Utilisateur" (User Centred Design ou UCD) et la conception orientée scénario (Scenario-Based Design ou SBD) qui font intervenir l'utilisateur en tant que concepteur et testeur lors de scénario dans le processus de conception. Nous allons ensuite faire part de notre première expérimentation d'outils chirurgicaux innovants en bloc opératoire. Enfin, une proposition d'analyse de cette émulation sera effectuée en vue de proposer des améliorations de conception d'outils et de procédure opératoire associée.

Mots clés: Conception Centrée Utilisateurs, Conception Participative, Conception Basée sur les Scénarios, Chirurgie Minimalement Invasive.

1 Introduction et contexte de travail

Les progrès scientifiques et techniques des dernières décennies offrent de plus en plus de possibilités pour satisfaire les besoins des chirurgiens en matériel chirurgical et plus précisément en outils chirurgicaux accompagnés d'outils de visualisation ou de suivi. C'est ainsi que la Chirurgie Minimalement Invasive (Minimally Invasive Surgery ou MIS) a fait son apparition en bloc opératoire dans les années 1990. La MIS a pour objectif principal de rendre les effets post-opératoires moins douloureux pour le patient essentiellement en termes de récupération des traumatismes subis. Cela est

rendu possible principalement en modifiant les procédures opératoires dans le but d'introduire, à l'intérieur du corps humain, des outils miniaturisés ou modifiés pour être adaptés à de toutes petites incisions et dans le but de réduire la durée d'intervention et donc le temps d'anesthésie.

Les nombreux avantages qu'offre ce type d'opération chirurgicale ont pour conséquence une forte demande de la part des chirurgiens. L'apparition sur le marché, de besoin spécifiques d'outils chirurgicaux ne cesse de croître.

Des rencontres et discussions avec des chirurgiens spécialistes nous ont permis de noter que les outils chirurgicaux étaient aujourd'hui conçus suite à des discussions informelles (ou entretiens dirigés) entre chirurgiens et concepteurs (ou des représentants des concepteurs). Les termes médicaux utilisés couramment par le corps médical et employés également lors de l'expression de leurs besoins ne permettent généralement pas une compréhension immédiate et claire de la part des concepteurs industriels. De plus les chirurgiens ont un savoir-faire qui est difficilement communicable en raison de la longue expérience et des pratiques spécifiques qu'ils ont acquises. Ceci peut engendrer un dysfonctionnement dans le cycle de définition du produit par les concepteurs. Ce constat impose une réflexion plus approfondie concernant la méthode utilisée pour concevoir des outils chirurgicaux.

Nous voulons, en accord avec les chirurgiens et concepteurs, réfléchir et finalement proposer une nouvelle organisation du processus de conception de nouveaux outils chirurgicaux dédiés aux opérations minimalement invasives. Ce travail a pour objectif de rapprocher les prototypes proposés par les concepteurs des besoins exprimés par les chirurgiens.

Dans la section suivante, nous décrivons le contexte médical particulier dans lequel nous travaillons pour la conception de nouveaux outils. Nous avons l'ambition de placer l'utilisateur – le chirurgien – au centre du processus de conception, non plus pour concevoir *pour* lui, mais pour concevoir *avec* lui : nous nous appuyons donc sur les notions de « conception centrée utilisateur » et de « scénario » que nous détaillerons dans les sections suivantes. Nous allons ensuite relater dans la quatrième section l'émulation[1] effectuée avec les chirurgiens avant de proposer une méthode de collecte et d'organisation des informations récupérées. Nous exposerons alors nos premières reflexions vers un modèles d'analyses en vue d'améliorer les outils chirurgicaux et leur utilisation lors de la procédure opératoire. Finalement, nous présenterons son application sur l'émulation réalisée et quelques premiers résultats.

2 Contexte de travail : les opérations d'arthrodèse lombaire

Les docteurs JT et HV (chirurgiens dans l'unité fonctionnelle de traumatologie au CHU de Grenoble) sont spécialistes des opérations de chirurgie traumatique ; dans ce cadre, ils effectuent régulièrement des opérations d'*arthrodèse lombaires*[2]. Celles-ci consistent à remettre en état la colonne vertébrale d'un patient ayant subi un grave traumatisme (fracture, choc, etc.) au niveau des vertèbres lombaires (suite à une chute de parapente, de moto, de ski, etc., situations très fréquentes dans les régions de montagne). Il s'agit d'une opération chirurgicale lourde consistant à repositionner les vertèbres adjacentes à la vertèbre fracturée dans leurs positions d'origine, puis en les immobilisant à l'aide d'un implant.

Cette intervention est très traumatisante pour le patient et les contraintes post-opératoires sont très douloureuses (notamment à cause du décollement des muscles vertébraux) et handicapantes (anesthésie totale de longue durée, long séjour à l'hôpital, nombreuses semaines d'arrêt de travail, etc.). Cette opération nécessite en effet une incision conséquente (25 centimètres de long) dans le bas du dos du patient et la mise en place d'un appareillage lourd de redressement de la colonne vertébrale.

---

[1] Le terme **émulation** est employé au sens de simulation et d'imitation (acception du mot influencé par les termes anglais *emulation*), plus précisément ce terme décrit un principe général consistant à remplacer un système par un autre sans changement du fonctionnement d'un point de vue externe.

[2] Fracture de la colonne vertébrale

Pour réduire ces conséquences post-opératoires handicapantes, les docteurs JT et HV ont exprimé le besoin de disposer d'outils chirurgicaux mini-invasifs. Ceux-ci devraient permettre de réaliser l'opération d'arthrodèse lombaire non pas en faisant de grandes incisions, mais en venant placer l'outillage nécessaire à l'intervention par de petites incision judicieusement positionnées au bas du dos du patient. Il pose comme contrainte d'utiliser une technique nouvelle mais pas trop innovante, c'est-à-dire s'appuyant sur des gestes déjà acquis et des outils dérivés d'autres types d'opérations de type MIS. En effet, pour la sécurité du patient il est préférable de procéder pas à pas dans l'introduction de nouvelles pratiques.

La tâche du chirurgien est relativement « physique », les gestes doivent être précis (notamment pour visser des broches dans les vertèbres sans atteindre la moelle épinière) et en même temps énergiques et énergétiques. Les efforts sont relativement importants pour pénétrer dans l'os, fixer les barres, redresser la colonne (des leviers sont nécessaires). Cela doit se faire sans trop de préparation car certains patients doivent être opérés d'urgence. La procédure doit devenir très routinière et les gestes doivent être faits de manière quasi-automatique pour ne pas dépendre du degré de stress ou de fatigue du chirurgien (qui doit pouvoir opérer à toute heure du jour ou de la nuit).

On le voit donc, ce type d'opération se prête mal à une description verbale car les actes et les gestes passent par des « ressentis », des retours d'effort proprioceptifs et des représentations cognitives fondées sur la mémoire des gestes, des représentations anatomiques imagées et des cas d'expérience accumulés. La question de l'élicitation de ces paramètres est donc au centre de notre problématique. Nous partons du principe que le chirurgien est le mieux placé pour faire émerger ses besoins, non pas nécessairement de manière verbale mais par une mise en situation expérimentale gestuelle.

Avant d'aborder la mise en situation du chirurgien lors de l'émulation, nous allons introduire les notions de Conception Centrée Utilisateur et de Conception Basée sur les Scénarios qui nous servirons de support pour notre étude.

3 De la « Conception Centrée Utilisateur » vers les Scénarios

Dès la naissance de la terminologie de « Conception Centrée Utilisateur » (User Centred Design ou UCD en anglais) dans le domaine de l'informatique dans les années 1980, l'objectif d'un tel processus était de prendre en compte l'utilisateur dans la conception d'une Interface Homme-Machine (IHM). Cette approche place non seulement l'utilisateur, mais aussi la tâche qu'il doit effectuer (dans la condition où la tâche est correctement définie) au centre du processus de conception [1].

L'UCD se concentre sur les facteurs cognitifs (tels que la perception, la mémoire, l'apprentissage, la résolution de problèmes, etc.) et sur la manière dont ils interviennent pendant les interactions personne-objet [2]. Par exemple, lors du développement d'interfaces Web, l'auteur établit que cette méthode aide à répondre aux questions des utilisateurs, à la définition de leur tâche et de leurs objectifs et permet ainsi d'aboutir à des spécifications respectant les recommandations ergonomiques.

L'UCD et l'intérêt de sa mise en place ont déjà été discutés dans de nombreux travaux liés au développement d'outils et/ou de logiciels se rapportant aux IHM [3]. Dans une perspective efficace de conception de produit toujours plus utile (et aussi plus rentable), des méthodologies parallèles à l'UCD sont apparues. Par exemple, dans le domaine de l'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH), les informaticiens sont souvent amenés à travailler avec des partenaires des SHS[3] [4]. Ces projets, nécessairement pluridisciplinaires, ne peuvent être conduits sans faire appel à des experts ou chercheurs en sciences de l'éducation, à des enseignants et à des apprenants, en sus des informaticiens. Il faut donc que la méthodologie de recherche donne une place centrale à la collaboration entre enseignants, chercheurs et techniciens [5]. Pour le développement de logiciels éducatifs par exemple, il est indispensable d'intégrer des enseignants à la conception des systèmes qu'ils vont utiliser ensuite.

[3] SHS = Sciences Humaines et Sociales

Pour renforcer ce point de vue et l'élargir au-delà de l'informatique, nous pouvons citer une expérience de conception d'équipement dédié à la préparation de nourriture au Bénin [6]. Ce travail décrit la volonté d'intégrer l'utilisateur et de mettre en avant sa participation lors de la conception de l'outil. L'interaction entre utilisateurs et concepteurs est mise en évidence dans le but d'aboutir à la conception d'un équipement répondant efficacement à leurs exigences réciproques. Lors de cette étude, il s'agit du *plus facile à utiliser* et du *plus facile à manipuler*.

Lorsque la tâche de l'utilisateur n'est pas totalement définie, la conception centrée utilisateur ne suffit plus. Pour définir plus précisément cette tâche, il est nécessaire de faire appel aux utilisateurs non plus seulement pour étudier leur comportement face à une situation donnée, mais en tant que concepteur. Il s'agit alors de *conception participative* (figure 1). La démarche de *conception participative* propose d'associer les utilisateurs au processus de conception dès le début du projet, en partant du principe qu'ils savent (ou qu'ils sont capables de découvrir) ce dont ils ont besoin, et qu'ils peuvent aussi avoir des idées novatrices [7].

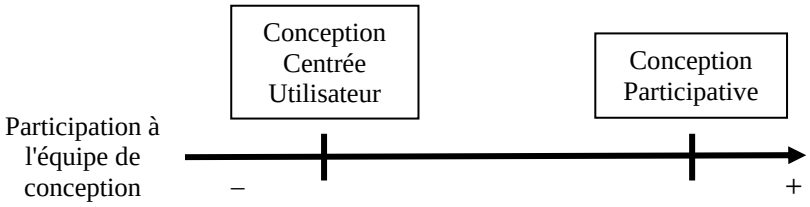


***Figure 1**. Niveau d'implication de l'utilisateur dans le processus de conception.*

Lors de la mise en place de nouvelles méthodes de conception participative, il y a lieu d'expliciter les connaissances et les pratiques des intervenants dans le processus de conception. Ces connaissances sont souvent de l'ordre du savoir-faire chez les ingénieurs ou encore chez les médecins ou les chirurgiens, les pratiques étant issues d'une spécialité sur le terrain. Cette méthodologie oblige donc également à affiner la notion d'utilisateur pour le faire participer à la conception au moment opportun [8]. Un des grands problèmes que pose la conception participative est « quelle est la place des utilisateurs et comment les prendre en compte dans le processus de conception ? (À quels moments sont-ils les plus utiles ?) ».

Il nous semble, au vu de ces quelques arguments, que la méthodologie dite de « conception participative » est un bon point de départ en ce qui concerne la conception de nouveaux outils chirurgicaux pour les opérations d'arthrodèse lombaire. Puisque nous avons comme objectif de concevoir non seulement les outils innovants, mais également le processus opératoire correspondant, il est indispensable que le chirurgien intervienne non pas uniquement en tant qu'utilisateur, mais également comme concepteur, avec les autres experts et les chercheurs. Pour pouvoir appliquer cette méthode, nous allons présenter ci-dessous la notion de « scénario » pour ensuite essayer de définir un espace d'expérimentation en phase avec nos objectifs.

Un *scénario* est une façon de découvrir des solutions à des problèmes par des mises en situation des usagers eux-mêmes. Il aide les concepteurs à créer des liens avec les activités des usagers, leurs besoins et leurs attentes [9]. Le terme de scénario est défini comme : *une personne qui réalise un tâche dans un certain contexte,* ce qui est l'essence même de l'approche centrée utilisateur qui vise à observer une personne en situation de travail. Il s'agit d'une des manières parmi les plus efficaces pour cerner la séquence des actions faites par les usagers et établir un modèle d'activité. Les scénarios que nous voulons ainsi mettre en place ont aussi pour objectif de concrétiser de nouveaux concepts ou de nouvelles idées.

Pour proposer et mettre en place des scénarios, des éléments importants sont à définir [10]. Ils incluent ou présupposent des caractéristiques générales : par exemple, le scénario raconté par un conteur débute explicitement par un état initial par rapport à l'épisode décrit. Le scénario inclut

également des agents et des acteurs à identifier. Chaque agent a des objectifs à atteindre. Il n'est pas rare que les objectifs changent durant le scénario en fonction des circonstances.

Les scénarios évoluent dans le temps et sont constitués de séquences *d'actions* et *d'événements*. Ils peuvent faciliter, compliquer ou n'avoir aucune conséquence par rapport aux objectifs visés. L'analyse du cheminement emprunté pour satisfaire le ou les *objectifs* du scénario permettra de proposer des solutions de conception en prenant en compte les exigences, les savoir-faire, et encore de nombreuses autres particularités liées à l'utilisateur et à son environnement.

Nous avons une certaine pratique de la conception participative pour des IHM : un exemple d'étude centrée utilisateur avec application à un scénario a été effectuée par le laboratoire CLIPS pour estimer l'utilisabilité d'un agent conversationnel (personnage virtuel) animé Angela [11]. Il s'agissait de recueillir tout au long de l'expérimentation, les remarques et commentaires des sujets concernant leur ressenti par rapport à Angela. Un expérimentateur se trouvait avec l'utilisateur pendant toute la séance afin de lui présenter les tâches à effectuer et d'interagir avec lui au besoin. Un observateur prenait des notes sur l'exécution des tâches et sur les commentaires fournis par les utilisateurs. La séance était enregistrée en temps réel pour de futures analyses. Angela se caractérise essentiellement par sa gestuelle (elle montre des zones de l'écran, prend des attitudes et des postures du corps, etc.), ce qui la rapproche quelque peu du cas présent de chirurgie. Nous avons mis au point une base d'annotation de gestes lors de cette expérience.

Nous allons dans la partie suivante, détailler l'émulation réalisée, basée sur la rédaction d'un scénario, qui nous permet maintenant de nous positionner dans le domaine particulier de la chirurgie traumatologique.

4 L'Emulation

Les recherches sur Angela ont démontré la valeur du travail avec un acteur et la mise en place de scénarios pour permettre aux concepteurs de mieux appréhender les besoins liés à des observations de la gestuelle. Nous avons donc décidé de nous orienter vers une même voie expérimentale pour la conception d'outils chirurgicaux innovants. Cependant, avant de proposer aux utilisateurs des scénarios permettant d'utiliser des prototypes d'outils chirurgicaux associés à de nouvelles procédures opératoires, il a fallu dans un premier temps nous familiariser avec les terminologies spécifiques et de nous imprégner des conditions opératoires. Puis, dans un second temps, nous détaillerons le travail préparatoire à l'émulation avant son expérimentation en vue d'analyse.

4.1 Travail préparatoire d'assimilation du domaine

La première étape a consisté à observer les faits et gestes des spécialistes lors des opérations chirurgicales actuelles. Il s'agissait ici d'acquérir des informations sur les utilisateurs en recueillant des données sur le terrain. Cette analyse a été indispensable pour nous familiariser avec le milieu chirurgical et surtout pour comprendre la séquence des actions réalisées par les chirurgiens et partager leur vocabulaire très spécialisé. Cette étape initiale nous a permis de nous situer par rapport au travail du spécialiste.

Suite à ces premières observations, nous avons pu mieux comprendre la procédure opératoire actuellement en place en bloc opératoire et le fonctionnement des outils utilisés pour cette opération très spécifique. Un arbre de tâches retraçant la chronologie de la procédure opératoire principale suivie et une nomenclature nous indiquant plus précisément le nom des outils et leurs fonction ont été élaborés [12] [13].

Le choix de l'organisation de travail et sa mise en place nous ont permis de dégager les étapes opératoires spécifiques liées au caractère traumatisant de l'opération chirurgicale. Cette représentation a ainsi permis une réflexion d'une part sur les modifications à apporter à la procédure opératoire et d'autre part sur la conception de nouveaux outils chirurgicaux. C'est à partir de la réalisation de premiers prototypes d'outils chirurgicaux dédiés à la MIS que la première émulation s'est déroulée.

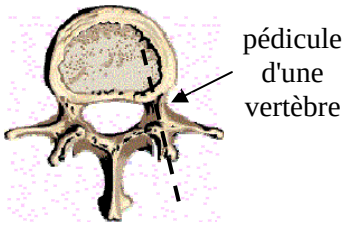
4.2 Déroulement de l'émulation pour la conception d'outils innovants en MIS

Pendant une opération, des erreurs médicales peuvent se produire et avoir comme conséquences des problèmes dans le traitement, le suivi ou le diagnostic efficace d'un patient. Dans certains cas, ces erreurs peuvent également mener à des traumatismes graves ou définitifs. Il est important que des dispositifs médicaux soient conçus en considérant l'impact de la conception sur une utilisation fiable [14]. Pour minimiser l'implication des facteurs humains et donc l'utilisation d'outils chirurgicaux par les spécialistes lors des opérations, il est indispensable de tester les prototypes proposés dans l'environnement réel de l'utilisateur. Ceci paraît évident, mais il nous semble important de le rappeler.

Pour la rédaction d'un scénario, il est important de mettre de coté des références à la technologie, excepté lorsque cette technologie représente une contrainte de conception qui doit être représentée [15]. Il faut donc toujours faire relire le scénario par un utilisateur pour être sûr qu'il est représentatif du monde dans lequel il évolue. Grâce aux indications des spécialistes, nous avons donc conçu un mannequin de manière à ce que leurs actions soient le plus proche possible de la réalité : épaisseur de la peau, densité des organes traversés par les outils, fracture de la colonne au niveau de la première vertèbre lombaire, etc.

En ce qui concerne la préparation de l'émulation, nous avons décidé, en accord avec le chirurgien, de nous placer à une certaine étape de l'opération chirurgicale actuelle. De cette manière, le scénario a permis de se centrer autour du prototype d'outil proposé. Cette décision de scénario a impliqué une préparation particulière du mannequin, notamment la mise en place de vis dans les pédicules (figure 2).

***Figure 2**. Coupe d'une vertèbre pour repérer le pédicule : C'est à travers ce pédicule que le chirurgien place les vis (suivant le trait pointillé).*



Les instructions ont été clairement notifiées au chirurgien pour qu'un maximum d'informations soient récupérées au terme de cette expérience. Des caméras frontales et large-champ ont été installées ainsi qu'un micro-cravate pour enregistrer les remarques du chirurgien. Le scénario a été rédigé de manière à laisser un maximum de liberté au chirurgien, tout en lui imposant un déroulement contenant un début et une fin (implant en place) et un environnement habituel de travail en bloc opératoire.

4.3 Déroulement de l'émulation

L'émulation a débuté à l'étape spécifique précisée dans le scénario (vis pédiculaires en place sur la colonne) et s'est terminée une fois l'implant totalement mis en place. Lors de l'émulation, le chirurgien s'est aisément servi de l'appareillage usuel classique mis à sa disposition. Il n'a pas paru gêné par les personnes présentes en bloc opératoire ni par les instruments annexes utilisés pour l'expérimentation (caméras, micro). Sur la figure 3, nous pouvons observer par exemple deux gestes chirurgicaux importants : le repérage de l'épineuse avec le pouce de la main gauche qui permet le geste chirurgical consistant à inciser la peau du patient à l'endroit de la future insertion de l'outil prototype (de la main droite). La justesse de ces gestes chirurgicaux dépendent grandement de la qualité du mannequin réalisé.

Vers la fin du scénario, le prototype d'outil est entièrement en place dans le mannequin, il est tenu par l'assistant du chirurgien (figure 4). Nous observons le chirurgien en train de serrer un écrou sur une des têtes de vis afin de solidariser la tige transversale à la colonne vertébrale. Cette figure nous montre également la présence de la caméra frontale nous renseignant sur l'orientation et la cible du regard de l'utilisateur.

Figure 3*. (ci-dessus) Repérage de l'épineuse et incision de la peau du patient.*

Figure 4. *(ci-contre) Chirurgien en action vers la fin du scénario.*

5 Observation et collecte de données

Pour mettre en place de nouvelles méthodes d'analyse, il y a lieu tout d'abord d'expliciter les connaissances et les pratiques des intervenants dans le processus de conception. Ces connaissances sont souvent de l'ordre du savoir-faire chez les experts, les pratiques étant issues d'une spécialisation sur le terrain [16]. Pour cela, nous allons utiliser une modélisation d'analyse de tâches. L'analyse de tâches est un des nombreux termes issu de l'ergonomie, et qui se sont propagés dans de nombreux domaines allant du génie logiciel, de l'intelligence artificielle, de la robotique, pour aboutir au domaine du dialogue homme-machine [17]. Si dans leurs utilisations ces termes ne recouvrent pas toujours exactement les mêmes notions, l'objectif de base est cependant d'analyser, de représenter et de contrôler la suite des actes d'un utilisateur. Cette suite d'actes, réellement effectuée par l'utilisateur pour résoudre un problème, sera appelée *action*. Elle n'est de fait connue et explicable qu'a posteriori, une fois le but atteint et vis-à-vis de l'objectif réellement visé.

Dans notre cas particulier des opérations chirurgicales, nous récupérons ces données lors de l'émulation sous forme de films vidéos (une ou plusieurs cameras) et le fichier audio (micro-cravate du chirurgien). Le fait que le terme d'utilisateur se limite exclusivement au chirurgien et/ou à ses assistants nous permet d'étudier très précisément le geste chirurgical. Par convention nous distinguons :

- un acte : il est produit par un utilisateur. Il a pour effet de modifier le monde dans lequel il évolue ou de changer un état mental,

- les gestes chirurgicaux : un geste est un acte (ex : pousser à droite) qui est réalisé par un seul acteur (éventuellement assisté), qui peut être instrumenté, qui se fait à un endroit précis du patient et qui a une certaine durée,

- une action : elle est constituée d'une série des gestes chirurgicaux qui se décomposent en opérations élémentaires pour aboutir à un des objectifs successifs de la démarche.

A partir de ces définitions, nous proposons de collecter dans le formulaire ci-dessous les données récupérées suite à l'émulation (table 1) :

Attributs	Exemple des Valeurs
Classe	Acte Chirurgical / Contrôle
Type	Pousser à droite / Visuel
Acteur	Chirurgien / Infirmière
Outil	Liste des outils / Sans outil
Localisation	Sur le dos / Au niveau de la colonne / Pédicule
Durée	Temps

***Table 1**. Formulaire de classification des actes dans l'émulation.*

Par la suite, nous définissons les actions qui se construisent à partir d'un ou de plusieurs actes. Chaque action a pour objectif de satisfaire un but lié à l'opération chirurgicale. Pour être certain de l'exactitude de l'interprétation de ses actes dans l'émulation, nous demandons au chirurgien de procéder aux étapes suivantes :

- Avant l'émulation : proposition de scénario d'opération et les buts successifs à atteindre (entretien dirigé et enregistré),
- Pendant : explication des gestes effectués et critiques des prototypes d'outils (les points forts / les points faibles),
- Juste après : commentaires « à chaud » du chirurgien,
- Après : réexpliquer le déroulement de l'opération face à l'enregistrement.

Cette démarche nous permettra une extraction efficace des données récupérées lors de l'émulation pour ensuite commencer à les analyser.

6 Vers un modèle d'analyse

Afin de comprendre et de mieux gérer l'évolution du produit dans le processus de conception, nous avons tout d'abord besoin d'un modèle d'analyse des données collectées. Ce modèle d'analyse nous permettra d'observer efficacement l'évolution du comportement de l'utilisateur face aux outils chirurgicaux (du prototype vers l'outil définitif) et face à la transformation de la procédure opératoire. Ce travail est effectivement un point clé par rapport à la UCD que nous avons évoquée plus haut.

La figure 5 positionne l'étape d'analyse que nous effectuons à partir des données collectées et classifiées (voir E dans la figure 5). Pour pouvoir efficacement analyser les données récupérées lors de l'émulation, nous avons proposé une catégorisation des comportements et des informations par rapport à l'outil (table 1). La structure de ce formulaire a été choisie de manière à déboucher plus efficacement au résultat attendu, avec pour principal objectif une modification des exigences et des critères d'outils dans le but d'en améliorer leur fonctionnement (voir S dans la figure 5).

Dans ce contexte, nous nous rappelons que l'émulation consiste en une expérimentation par laquelle un chirurgien (acteur) essaie de réaliser un scénario à l'aide de prototypes d'outils. Les buts et les conséquences du protocole opératoire sont définis par le chirurgien.

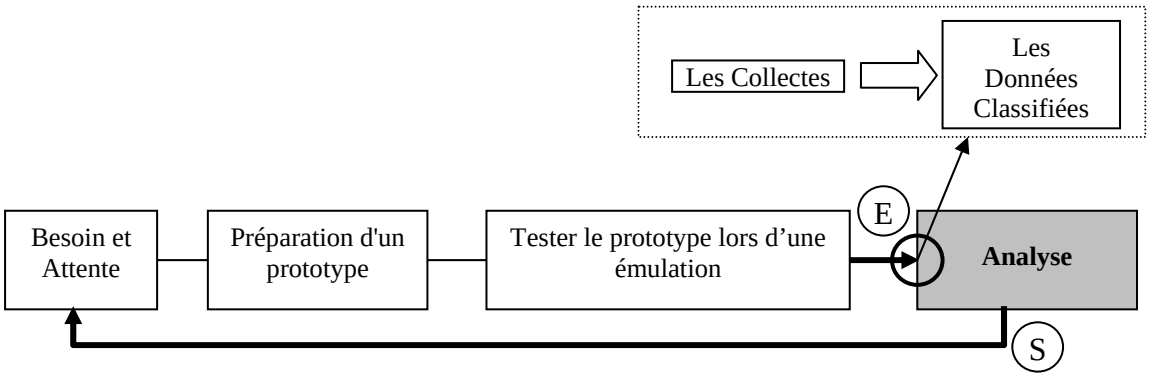


***Figure 5**. Positionnement de l'étape de d'analyse dans le processus de UCD*

Les analyses successifs nous permettrons de créer une dynamique de développement des outils chirurgicaux par rapport aux avis des chirurgiens lors des émulations (exemple : les commentaires dont ils font part), et par rapport aux développements fonctionnels par les concepteurs suite aux observations des utilisations de ces outils.

Par dynamique, nous comprenons un état initial (prototype proposé), des états successifs (prototype modifié) et les évolutions entre ces divers états. Nous nous intéressons aux causes de ces changements au niveau des connaissances de l'utilisation (savoir-faire lors de la procédure opératoire) et au niveau de connaissance des outils (mécanique).

Deuxièmement, après reclassification des données sur l'outil lui-même, nous pouvons nous focaliser sur son utilisation lors des différentes actions. Cette réorganisation permet de prendre conscience de l'impact de l'utilisation de nouveaux outils (prototype) sur les autres actions du protocole opératoire.

7 Analyse et premiers résultats

Nous présentons ci-dessous la première analyse de l'émulation et les premiers résultats obtenus.

7.1 Liste des buts successifs

Les buts sont définis par le chirurgien. Deux sont pris ici comme exemple :

- B1 : Positionner la tige dans les têtes des trois vis pédiculaires,
- B2 : Fixer la tige dans la tête de vis.

7.2 Liste des actes et leurs caractéristiques

Suite à l'émulation réalisée pour satisfaire ces buts, nous pouvons remplir le formulaire défini plus haut et ainsi avoir une classification des actes chirurgicaux.

Acte	Classe	Type	Acteur	Outil	Localisation	Durée
(G01) Repérer le niveau de vertèbre	Acte Chirurgical	Repère manuel	Chirurgien	Sans outil	Sur le dos	3-5 s
(G09) Fixer la tige	Contrôle	Contrôle visuel	Chirurgien	Radiographie	Tête de la vis, sur la vertèbre	10-12 s

***Table 2**. Formulaire de classification des actes lors de l'émulation.*

Nous définissions dans une bibliothèque l'ensemble des gestes chirurgicaux : le geste chirurgical numéro XX est ainsi noté (GXX).

7.3 Les actions pour réaliser les buts

Une fois le formulaire complété, il nous est aisé de connaître la succession des actions effectuées par le chirurgien pour satisfaire ses buts. Ainsi, pour satisfaire B2 :

- Action 1 : Garder la tige dans la tête de vis (G08, G09, G11),
- Action 2 : Descendre le boulon vers la tête de vis par le canon de passage (G14, G15, G16, G18, G20)
- Action 3 : Vise les écrous en maintenant la tige dans les têtes des trois vis (G21, G23, G26, G27, G28)

7.4 Analyse et les résultats

Les étapes successives décrites ci-dessus nous permettent maintenant de proposer des modifications quant aux outils utilisés, non seulement pour satisfaire les exigences des chirurgiens, mais également en traduisant ces exigences utilisateurs en exigences fonctionnelles pour le concepteur :

7.4.1 Prototype de l'outil chirurgical (outil ne pouvant être explicitement montré puisqu'actuellement en cours de validation par une entreprise)

- Point de vue du chirurgien – la courbure de la tige liée au prototype (il faut que cette tige soit beaucoup plus courbe car il est gêné par la peau du patient au niveau du point d'entrée) par rapport au geste G02,

- Point de vue du concepteur – la tige doit avoir une courbure standard qui doit être facilement ajustable en fonction du patient : il faut considérer le matériau.

7.4.2 L'utilisation du prototype : protocole opératoire

Action 3 – Pour pouvoir descendre et fixer les boulons dans les têtes des vis, la tige et les trois canons de passage doivent être maintenu en même temps. Ces actions simultanées impliquent la réalisation d'une rainure au pied du canon de passage pour permettre un guidage de la tige dans l'alignement des têtes de vis.

8 Conclusion et Perspectives

Dans le travail détaillé ici, nous avons dans un premier temps remarqué et souligné l'intérêt grandissant du milieu médical par rapport aux outils chirurgicaux innovants dans le domaine de la MIS. Actuellement, nous avons décidé de baser nos recherches sur les notions de Conception Centrée Utilisateur et de Conception Basée sur les Scénarios pour pouvoir, à terme, intégrer le plus efficacement possible le chirurgien dans le processus de conception de l'outil désiré. L'expression de son besoin et l'évolution de la pratique opératoire en fonction de ce nouvel outillage est donc actuellement au centre de nos préoccupations.

Les premières relations avec les chirurgiens nous permettent actuellement de mieux comprendre les difficultés de proposer des outils en phase avec les exigences des chirurgiens. La première émulation effectuée dans des conditions opératoires les plus réalistes possibles nous a donné des informations importantes quant au cheminement à suivre pour évoluer vers des scénarios de plus en plus réalistes et de mieux en mieux centrés sur les besoins de l'utilisateur.

Nous sommes actuellement au début de nos propositions de méthode d'analyse des informations récupérées lors de l'émulation. Nous avons mis en avant l'importance de l'organisation de ces informations (proposition de formulaire) pour que l'analyse qui en découle soit le plus modulable

possible mais également le plus efficace possible. Finalement, nous avons présenté des premiers résultats qui seront largement complétés suite aux futures émulations prévues avec des outils modifiés itérativement en fonction des informations de l'utilisateur.

Avant l'application de ces méthodes dans le processus de conception de produits chirurgicaux en entreprise, il s'agit pour nous dans un premier temps de comprendre les pratiques actuelles (identifier les acteurs et leurs rôles) et d'en proposer alors un modèle qui nous permettra de mettre en avant ses failles et ses avantages. Il s'agira alors de proposer une méthode permettant l'intégration de nos propositions d'émulation et d'analyse.

Références

[1] Norman D., Draper, S., "User Centred System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction". Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986. (Article cité par [4])

[2] Katz-Haas, R., “A summary of this article, Ten Guidelines for User-Centered Web design”, Usability Interface Vol 5 (n°1, July 1998) : http://www.stcsig.org/usability/topics/articles/ucd%20_web_devel.html

[3] Grudin, J., and Pruitt, J. "Personas, Participatory Design and Product Development: An Infrastructure for Engagement." Proc. PDC 2002, 144-161.

[4] Jean-Daubias Stéphanie, "De l'intégration de chercheurs, d'experts, d'enseignants et d'apprenants à la conception d'EIAH", TICE 2004, Compiègne, France. pp. 290-297

[5] Conlon, T., Pain, H.,, "Persistant Collaboration: a methodology for applied AIED". International Journal of Artificial Intelligent in Education 7, 219-252, 1996.

[6] Godjo Thierry, Marouzé Claude, Boujut J-F, Giroux François, Particpatory design in developing countries : how to improve user integration design process for small scale food processing ?, IDMME 2006, Grenoble, France, 12 pages.

[7] Greenbraum, J., Kyng, M., "Design at Work: Cooperative Design of Computer System", Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991. (Article cité par Jean-Daubias, 2004)

[8] Caelen Jean, Jambon Françis, Vidal Audrey, "Conception participative : des Moments à leur instrumentation, Revue d'Interaction Homme-Machine, Vol6, N°2, 2005.

[9] Lemay L., La méthode des scénarios en design industriel. Cours de Psychométrie appliquée au design, 2004 http://www.din.umontreal.ca/documents/din3212/DIN3212_H04_cours2.pdf

[10] Carroll John M., "Five Reasons for scenario-Based Design", In Proceedings of the 32nd Hawai International Conference on System Sciences, 1999

[11] Golanski Caroline et Caelen Jean, "Test d’utilisabilité de l’agent conversationnel « Angela »", Actes du colloque WACA, p. 89-. 100, Grenoble, juin 2005.

[12] Verdier M., “Amélioration du Processus de Conception pour la réalisation d’un ancillaire innovant destiné à une opération chirurgicale percutanée”, Mémoire de Master 2 Recherche MEI (Mécanique, Energétique, Ingénierie), option MCGM (Mécanique : Conception-Géomécanique-Matériaux), Grenoble, 2006.

[13] Guillaume Thomann, Jean Caelen, Morgan Verdier, Brigitte Meillon, Mise en place de scénarios pour la conception d'outils en Chirurgie Minimalement Invasive, Colloque Institut de la Production et des organisations Industrielles - Cluster GOSPI, 27-29 novembre 2006 IPI2006, Allevard, France.

[14] Sawyer, D., Aziz, K. J., Backinger, C. L., Beers, E. T., Lowery, A., Sykes, S. M., Thomas, A., and Trautman, K. A. 1996. Do it by design: an introduction to medical factors in medical devices. Rockville, MD: Center for Devices and Radiological Health. Available from the FDA home page at: www.fda.gov/cdrh/humfac/doit.html

[15] Gaffney Gerry, "Scenarios", Usability Techniques Series, 2000 Information&Design http://www.infodesign.com.au

[16] Caelen, J. and Jambon, F., Conception participative par « moments ». In 16e conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Namur, Belgique, 30 Août - 3 Septembre, 2004, ACM Press, 29-36.

[17] J.M. Pierrel, Dialogue oral homme-machine, Hermès, 1987 .