

De l'analyse didactique à la modélisation informatique pour la conception d'un EIAH en chirurgie orthopédique

Vanda Luengo, Lucile Vadcard, Dima Mufti-Alchawafa

CLIPS-IMAG et MeTAH
BP 53, 38041 Grenoble cedex 9

Vanda.Luengo@imag.fr, Lucile.Vadcard@imag.fr, Dima.Mufti-alchawafa@imag.fr

Résumé. L'objet de la recherche présentée est de concevoir un environnement informatique d'apprentissage qui permette de réduire l'écart entre la formation théorique des chirurgiens et leur formation pratique, qui se déroule principalement sur le mode du compagnonnage. L'article expose la méthodologie et quelques illustrations du travail didactique d'analyse des connaissances et du système d'enseignement / apprentissage en milieu hospitalier (chirurgie orthopédique) ainsi que partie de la formalisation informatique de cette connaissance. Cette modélisation permet la prise en compte dans l'environnement informatique de connaissances pragmatiques pour le diagnostic des connaissances de l'utilisateur en fonction des actions qu'il effectue à l'interface pendant la résolution d'un problème (pose de vis dans le bassin), et la prise de décision didactique qui suit : quelle rétroaction fournir pour affiner le diagnostic, et/ou permettre l'apprentissage souhaité.

1 Introduction

En France, l'apprentissage de la chirurgie orthopédique se déroule selon différentes modalités d'enseignement comme le compagnonnage (apprentissage en situation réelle), les travaux pratiques en laboratoire d'anatomie et quelquefois sur des simulateurs. Un travail antérieur que nous avons mené sur l'enseignement du métier de chirurgien nous a permis de montrer l'écart qui existe entre les contenus de la formation théorique et les besoins de la pratique (Vadcard, 2003). La formation théorique n'est pas orientée vers la résolution de problèmes en situation, et la situation réelle, n'étant pas construite à des fins didactiques, ne permet pas à l'apprenant de prendre le temps qu'il lui faut pour comprendre la résolution du problème qui se déroule (Bisseret, 1995). Car les connaissances du chirurgien ne se limitent pas à une partie déclarative et une partie gestuelle. Nous avons pointé l'existence et la valeur opératoire de connaissances pragmatiques, souvent implicites, qui permettent l'activité en situation. Ces connaissances, dont nous avons montré l'absence de prise en charge dans le système d'enseignement, nous semblent être un élément important à prendre en compte pour réduire l'écart entre la formation théorique, qui transmet des connaissances de nature prédicative et la formation pratique, qui transmet des connaissances gestuelles opératoires.

Notre objectif est ainsi de concevoir un environnement informatique qui constitue une étape intermédiaire entre les enseignements formels et le compagnonnage, et permet une

pragmatisation des concepts théoriques et prescriptifs de l'action avant leur mise en situation. L'environnement comprend un simulateur de vissage du bassin, un ensemble de pages web annotées grâce à une ontologie du domaine, et un ensemble de cas cliniques qui sera intégré plus tard. Cet environnement est centré sur un modèle de connaissances, lequel intègre des connaissances tacites, ou pragmatiques, explicitement représentées. Cette représentation permet en particulier d'associer tous les composants et de produire des rétroactions adaptées selon les éléments de connaissance diagnostiqués. Nous menons actuellement ce travail dans le domaine de la chirurgie osseuse, pour la résolution des problèmes de vissage percutané des fractures du bassin.

2 De la didactique professionnelle à la conception d'EIAH

Nos travaux sont de nature pluridisciplinaire : informatique, didactique, psychologie et médecine travaillent à la réalisation de ce système d'apprentissage. Dans cet article, nous montrons comment l'aspect didactique de nos recherches nous permet de modéliser les connaissances en interaction avec les problématiques informatiques de représentation de ce modèle.

C'est dans le cadre de la construction d'EIAH orientés vers une approche socioconstructiviste de l'apprentissage qu'une problématique didactique peut être intéressante. De ce point de vue, nous considérons la construction des connaissances comme étant le résultat d'une interaction entre le sujet apprenant et son environnement, le milieu pour l'apprentissage (Brousseau, 1998). Ainsi, pour nous le milieu doit être organisé de façon à favoriser l'apprentissage : produire des rétroactions pertinentes en fonction des actions de l'apprenant sur le problème posé. En ce sens, le dispositif informatique d'aide à l'apprentissage devra également pouvoir réagir vers l'apprenant en fonction de ses actions à l'interface. Nous considérons que pour que les rétroactions de l'EIAH soient pertinentes au regard de l'apprentissage il faut que celui-ci réagisse en fonction d'une validation de la résolution proposée par l'apprenant en fonction d'un modèle des connaissances du domaine et non pas uniquement en fonction d'une solution experte déterminée a priori (Luengo, 1999).

En tant qu'élément de ce milieu, l'EIAH devra posséder certaines caractéristiques précisées par l'analyse de la connaissance qui est enjeu de l'apprentissage. Nos recherches touchent également au domaine de la formation professionnelle ; nous nous inscrivons ainsi dans l'approche de la didactique professionnelle (Pastre, 2002).

3 L'extraction de la connaissance

La construction d'un ensemble organisé de règles et de problèmes passe par une analyse des processus d'enseignement et d'apprentissage, par une analyse des connaissances, et par leur représentation. La méthodologie adoptée est structurée autour des points suivants.

Nous analysons et décrivons à partir de notre corpus d'observations la situation prescrite et la situation réelle. Ces deux facettes de l'activité sont analysées parallèlement, et s'enrichissent mutuellement (Pastré, 2002).

- La situation prescrite est analysée et décrite à partir à partir de cours et d'articles décrivant cette technique;

- La situation réelle professionnelle est analysée et décrite à partir d'observations de l'action du point de vue des interactions entre l'apprenant et l'expert : films et entretiens de verbalisation.

Nous nous attachons dans nos analyses à faire apparaître les critères de validation qui sont sous-jacents aux actions et aux prises de décisions. C'est à ce niveau que se joue la conceptualisation de l'action. En particulier, nous identifions des critères de validation de l'action en situation qui n'apparaissent pas dans la situation prescrite. Ce sont des connaissances forgées par l'expert au cours de sa confrontation à la diversité des possibles de la situation (dans notre cas le vissage sacro-iliaque). Elles permettent à l'expert de faire face à la diversité des situations tout en conservant l'invariance globale de la résolution de l'activité (Vergnaud, 1996). Ce type de connaissances nous intéresse tout particulièrement puisque nous les intégrons dans le modèle de connaissances de notre environnement afin qu'il permette une réelle valeur ajoutée par rapport au déroulement actuel de la formation (théorie puis pratique sur le terrain) et comblant au moins partiellement, l'écart qui existe entre ces deux modalités de formation.

A partir de ces analyses (Vadcard, 2005), nous décrivons une famille de problèmes comme un ensemble de variables didactiques (voir tableau 1). Un champ de problèmes peut être engendré à partir d'une situation par la modification des valeurs de certaines variables qui, à leur tour, font changer les caractéristiques des stratégies de solution (coût, validité, complexité...etc.) Seules les modifications qui affectent la hiérarchie des stratégies sont à considérer (variables pertinentes). En d'autres mots nous nous intéressons aux variables avec lesquelles en agissant sur elles, on pourra provoquer des adaptations et des régulations : des apprentissages (Brousseau, 1998).

problèmes	Variables didactiques	Type de fracture		Qualité os		situation		
		fracture sacrum	...	Peu dense	...	Corriger trop bas inlet	Corriger orientation trop antérieure inlet
PA	e1PA	X		X		X		
	e2PA	X		X				X
PB	...							
	e1PB		X	X				X
	..							

TAB. 2 – Extrait de l'ensemble de problèmes classés à partir des variables didactiques.

Ensuite pour chaque famille de problèmes nous décrivons un ensemble d'opérateurs qui s'appliquent. Dans le modèle utilisé (Balacheff, 1995), nous appelons un opérateur (R) ce qui permet la transformation des problèmes ; ces opérateurs sont attestés par des productions et des comportements ou d'actions à l'interface. Enfin pour chaque opérateur nous identifions l'ensemble des contrôles (Σ) qui y sont associés. Une structure de contrôle contient les outils de décision sur la légitimité de l'emploi d'un opérateur ou sur l'état (résolu ou non) d'un problème. Le modèle de connaissance présenté permet de « poser des hypothèses sur l'état de connaissance qui est sous-jacent à une action de l'utilisateur sur l'interface de simulation.

Σ	R	choisir point entrée	choisir orientation	enfoncer	...	prendre inlet
$\Sigma 1$ si les repères cutanés tracés sont les projections du sacrum, alors le point d'entrée se situe dans le quadrant dorso-crânial		X				
$\Sigma 2$ l'orientation doit être ventrale et caudale			X			
$\Sigma 13$ le décalage entre deux points d'entrée cutanés est plus petit que celui qu'il engendre au niveau des points de contact osseux		X				
$\Sigma 14$ si la broche est trop basse sur l'inlet, alors elle est trop ventrale (antérieure) sur le patient		X (e2PA)				
...						

TAB. 2 – Extrait de l'ensemble d'opérateurs identifiés et des contrôles qui interviennent en fonction de la famille des problèmes PA.

Nous pouvons observer que dans le tableau qui précède nous différencions les contrôles selon leur nature. Les premiers contrôles (1 et 2) sont traités en tant que contrôles liés à la connaissance déclarative, car ils sont explicités et partagés, le deuxième type de contrôle (13 et 14) correspond à la connaissance qui est en partie tacite et qui se forge dans l'action. Cette classification n'est pas statique, elle peut évoluer dans le temps, mais elle nous permet en particulier de calculer la prise de décision didactique ou la forme de la rétroaction comme nous le verrons dans la suite.

4 La modélisation informatique

Les conceptions du domaine sont formalisées à l'aide de l'ensemble des problèmes, contrôles et opérateurs décrit antérieurement. Nous avons défini les relations de dépendance et de causalité entre les plusieurs ensembles afin de les représenter sous forme d'un réseau bayésien. Nous identifions dans la figure (1) les relations de dépendances suivantes : un problème P est résolu si les opérateurs associés R sont appliqués d'une manière valide. Un opérateur R est appliqué d'une manière valide si les contrôles Σ associés et utilisés lors de la résolution de problème P sont valides. Un contrôle Σ est valide si les traces des actions de l'apprenant VS (variables des situations) lors de la résolution sont cohérentes par rapport au contexte du problème P.

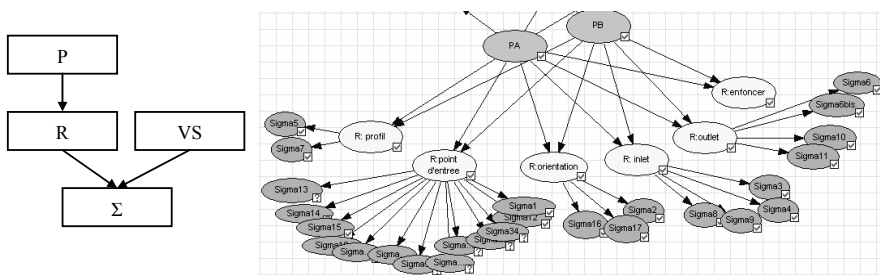


FIG. 1 – A gauche un niveau haut du réseau, A droit une partie du réseau de référence.

Le réseau permet de diagnostiquer la connaissance mobilisée lors de la résolution de problème avec un degré d'incertitude. Actuellement le diagnostic permet de déduire l'état de

contrôles utilisés dans la résolution de problème (valide ou non) en fonction, d'une part, du contexte du problème et, d'autres part, des actions de l'utilisateur dans l'interface de l'environnement (le simulateur de vissage sacro-iliaque). Le résultat de ce diagnostic est sous forme de probabilité sur les contrôles utilisés (Fig. 2).

Suite au diagnostic nous cherchons à calculer la décision didactique. Pour nous, une décision didactique se pose en termes d'états de connaissance diagnostiqués et visés. Cette prise de décision possède certaines caractéristiques, entre autres :

- Elle est dépendante du problème dans lequel se situe l'action qui est diagnostiquée, et des contrôles identifiés. Selon le type de contrôle la décision n'est pas la même. Un contrôle diagnostiqué qui est lié à des connaissances déclaratives renverra sur une partie d'un cours en ligne alors qu'un contrôle lié à des connaissances pragmatiques renverra sur un problème à résoudre.
- Elle est incertaine. Ce degré d'incertitude dépendra des informations disponibles lors de la prise de décision.

Pour l'automatiser nous avons donc fait le choix de formaliser la prise de décision didactique sous la forme des diagrammes d'influence dans les réseaux bayésiens (Fig 2). Cette décision est ainsi calculée à partir des contrôles identifiés, grâce au diagnostic, et de l'instanciation du réseau par rapport aux actions de l'utilisateur et du problème traité.

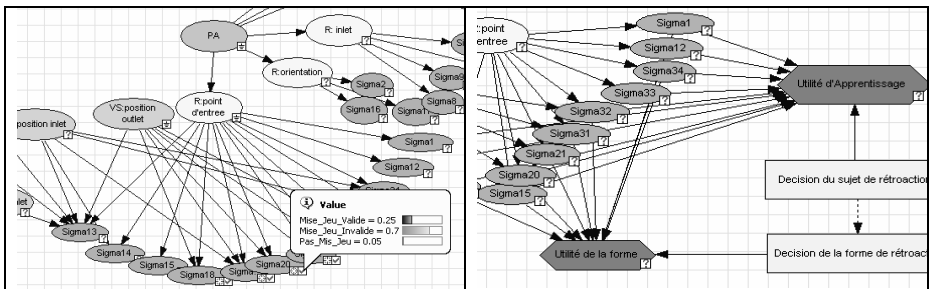


FIG. 2 – A gauche un exemple du diagnostic calculé. A droite la représentation de la prise de décision didactique en tant que diagramme d'influence.

5 Conclusion

Du point de vue de l'architecture nous séparons le diagnostic de la prise de décision pour pouvoir les étudier et les valider séparément (Mufti-Alchawafa, et al. 2004). La condition pour qu'ils fonctionnent est sous-jacente au modèle : le diagnostic doit pouvoir identifier les contrôles qui sont intervenus dans une résolution, la prise de décision doit se faire en fonction des contrôles identifiés.

Nous travaillons actuellement sur la validation de notre représentation, sous forme de réseau bayésien. Du point de vue informatique, nous utilisons la notion de complétude, et d'adéquation de la représentation vis-à-vis du modèle. Ensuite, si la représentation est validée nous travaillerons sur l'optimisation des algorithmes pour la prise de décision dans le versant informatique et sur l'analyse des formes de rétroaction pour le versant didactique.

Le composant qui représente la prise de décisions sera ainsi un outil de test pour la didactique et la psychologie cognitive qui permettra l'analyse des différentes formes de rétroactions épistémiques dans environnement informatique d'apprentissage humain. Le but final étant de produire des rétroactions épistémiques adaptées et centrées sur l'activité du sujet, à l'interface, en situation d'apprentissage.

Références

- Balacheff, N. (1995). *Conception, propriété du système sujet/milieu*. In : Noïrfalise R., Perrin-Glorian M.-J. (eds.) Actes de la VII^e Ecole d'été de didactique des mathématiques, IREM de Clermont-Ferrand, 1995, pp.215-229
- Bisseret, A. (1995). *Représentation et décision experte – Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Toulouse, Octarès, 1995.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*, Grenoble, La Pensée Sauvage éditions, 1998.
- Luengo, V. (1999). Analyse et prise en compte des contraintes didactiques et informatiques dans la conception et le développement du micromonde de preuve Cabri-Euclide, *Sciences et Techniques Educatives*, vol. 6 n°1, 1999.
- Mufti-Alchawafa, D., V., Luengo, L., Vadcard (2004). *Architecture d'un environnement d'aide à l'apprentissage de la chirurgie orthopédique*, Conférence TICE, Compiègne 20-22 octobre 2004.
- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle, *Revue Française de Pédagogie*, n°138, 2002, pp. 9-17.
- Vadcard, L. (2003). *A pedagogical strategy for VOEU*, Final Deliverable (35.07) of the VOEU European Project (IST-1999-13079), accepted by the European Commission, <http://voucaos.vitamib.com/>, 2003.
- Vadcard, L., V., Luengo (2005). *Réduire l'écart entre formation théorique et pratique en chirurgie : conception d'un EIAH*, conférence EIAH 2005, Montpellier 25-27 mai 2005.
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation, In Barbier (ed.) *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, Paris, PUF, 1996, pp. 275-292.

Summary

The presented research¹ deals with the design of a computer based learning environment which aims at reducing some discrepancies between the surgeons' theoretical and practical trainings. The paper describes our methodology and some illustrations of our didactical analyses of the knowledge and teaching/learning system together with part of the knowledge computer formalization. This modeling allows us to integrate some pragmatic knowledge in the computer-based learning environment, in order to diagnose the user's state of knowledge regarding his (her) actions on the interface during the problem-solving process and to perform a didactical decision making: what kind of feedback to provide in order to precise the diagnosis and/or to provoke the aimed learning.

¹ Les auteurs tiennent à remercier le CNRS de son soutien à nos travaux dans le cadre du programme TCAN (Traitement des Connaissances, Apprentissage et NTIC), ainsi que le service d'orthopédie et de traumatologie du CHU de Grenoble pour son accueil et son optimisme dans la réalisation de ce projet.