

# Réalité Virtuelle et Médecine

Hervé DELINGETTE  
INRIA, B.P. 93, 2004 route des Lucioles  
06902 SOPHIA ANTIPOLIS Cedex, FRANCE  
Email: Herve.Delingette@sophia.inria.fr  
Tel: +33 (4) 93 65 77 64  
Fax: +33 (4) 93 65 76 69

July 23, 1997

## 1 Introduction

L'informatique contribue largement au très fort développement de nouvelles techniques médicales. Parmi les technologies informatiques utilisées en médecine, celles qui font appel aux concepts de la *réalité virtuelle* devraient avoir un impact important sur la pratique future de la médecine, tant dans le domaine de la formation médicale que de la thérapie. Ce qui caractérise ces applications de réalité virtuelle en médecine, c'est en effet le niveau important d'interaction entre l'homme et la machine.

Dans la figure 1, nous établissons une classification de nouvelles technologies informatiques en médecine en fonction de deux critères : l'interaction exigée entre l'homme et la machine et la puissance de calcul requise. Pour certaines applications en *traitement des images médicales*, par exemple pour des outils d'aide au diagnostique, il s'agit de mettre au point des algorithmes efficaces mais qui requiert un faible niveau d'interaction avec le praticien. Au contraire, la *télé-chirurgie* nécessite la modélisation des interactions gestuelles entre le chirurgien et l'environnement opératoire. Parmi les applications informatiques faisant appel à l'interaction homme-machine, nous décrivons ci-après deux applications particulièrement intéressantes : la réalité augmentée et la simulation d'interventions chirurgicales.

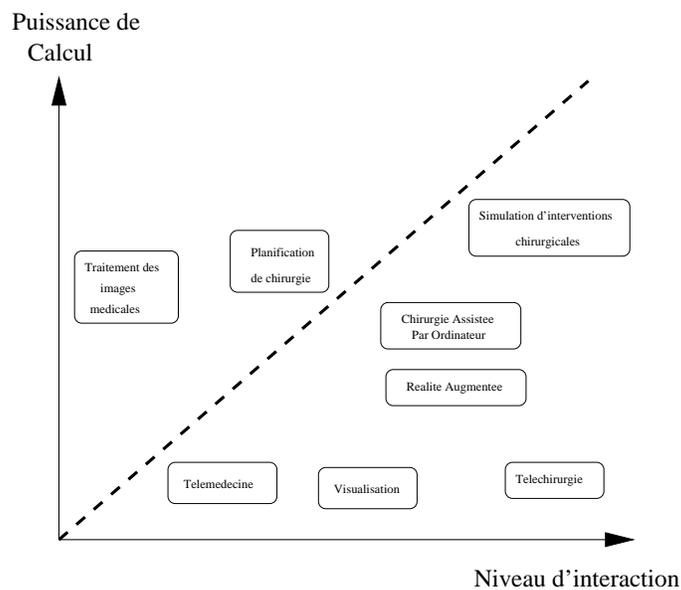
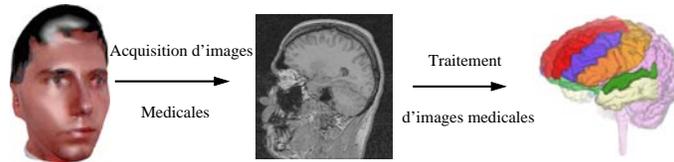


Figure 1: Classification de différentes applications informatiques médicales en fonction de l'interaction avec l'utilisateur.

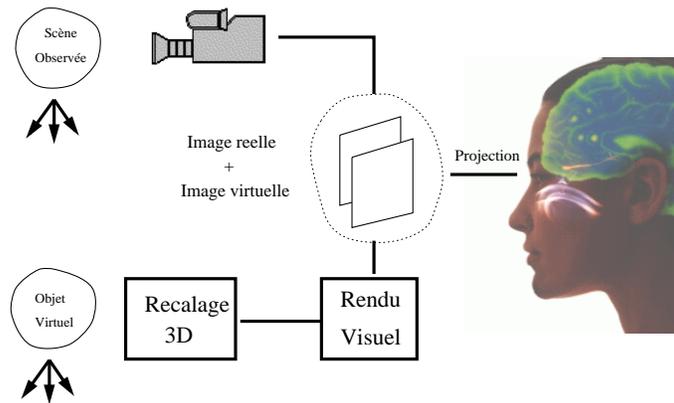
## 2 Réalité augmentée en environnement chirurgical

Le principe de la réalité augmentée est de superposer à des images réelles, acquises à l'aide d'une caméra numérique, des images virtuelles permettant d'améliorer la compréhension de l'image. Ce concept, largement utilisé dans l'audiovisuel ou encore dans l'aéronautique, permet d'envisager des applications particulièrement intéressantes lors d'une intervention chirurgicale. Il s'agit en effet d'apporter au chirurgien l'information concernant la position de structures anatomiques qu'il ne peut pas discerner directement. L'intérêt d'un tel procédé est de rendre beaucoup plus simple la réalisation d'interventions chirurgicales complexes où il est nécessaire de planifier très précisément la procédure à suivre. Ainsi en neurochirurgie, l'utilisation de telles techniques permettrait de s'affranchir de l'utilisation de cadres stéréotaxiques, souvent traumatisants pour le patient.

La figure 2 présente les différents éléments nécessaires à un tel système de réalité augmentée. Il s'agit tout d'abord d'acquérir avant l'intervention, des images médicales du patient permettant l'extraction de structures anatomiques



(a) Etape pré-opératoire



(b) Etape per-opératoire

Figure 2: Utilisation de la réalité augmentée en chirurgie.

d'intérêt à l'aide d'algorithmes de traitement d'images médicales. Ces structures anatomiques sont alors représentées sous la forme de maillages géométriques. Lors de l'intervention, une caméra vidéo-numérique effectue l'acquisition du champ opératoire sur lequel on désire superposer l'information des structures anatomiques préalablement extraites. Le problème principal consiste alors à déterminer la transformation géométrique existant entre le repère lié au maillage des structures anatomiques et celui lié au champ opératoire. Cette transformation peut être déterminée en mettant en correspondance les formes des organes externes visibles dans le champ opératoire (par exemple le visage) avec celles observées dans les images médicales.

Une fois cette transformation calculée, une image virtuelle des structures anatomiques est calculée à l'aide d'algorithmes de synthèse d'images. Cette image est ensuite combinée avec l'image vidéo "réelle" pour être affichée sur un écran ou bien sur des lunettes semi-transparentes portées par le chirurgien.

Cette technologie pose encore de nombreux problèmes. Tout d'abord, la précision du recalage entre les objets virtuels et réels doit être très bonne puisque c'est à partir de l'image augmentée que sera élaborée la stratégie opératoire. Or cette mise en correspondance résulte en général de la composition de plusieurs recalages où les erreurs peuvent s'ajouter. En particulier, il est important de prendre en compte le mouvement du champ opératoire mais aussi les variations de forme des structures entre l'acquisition pré-opératoire et l'intervention per-opératoire. Enfin, il est nécessaire d'effectuer une calibration très précise de la caméra vidéo numérique afin de superposer l'image synthétique sur l'image réelle.

### **3 Simulation d'interventions chirurgicales**

La simulation d'interventions chirurgicales a pour but de reproduire à l'aide de systèmes informatiques, les sensations visuelles et gestuelles d'un chirurgien au cours d'une intervention chirurgicale. L'intérêt médical de ces systèmes est double. D'une part, ces simulateurs permettraient de former les chirurgiens à des techniques opératoires aussi complexes que la vidéo-chirurgie (endoscopie, laparoscopie, ...) avec une plus grande flexibilité et à un moindre coût qu'avec les moyens dont on dispose actuellement. D'autre part, il serait possible de planifier avec précision des interventions chirurgicales délicates

ou même de concevoir de nouvelles procédures d'intervention.

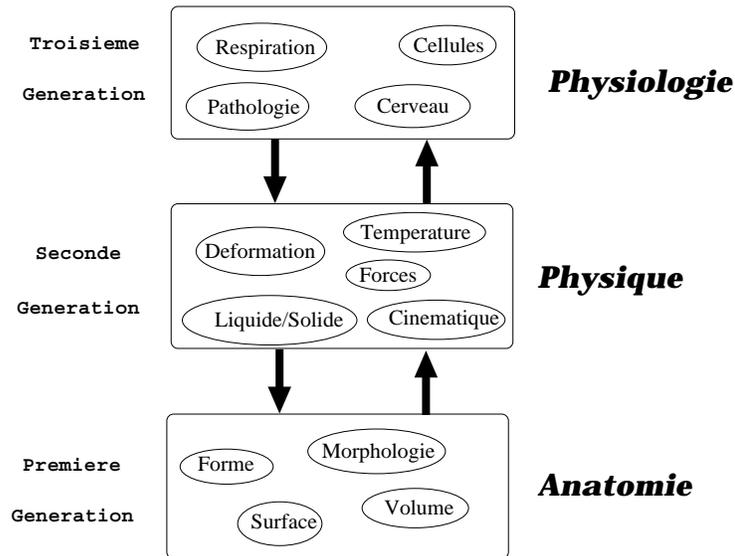


Figure 3: Les différentes générations de simulateurs médicaux.

La classification des différentes générations de simulateurs médicaux est présentée dans la figure 3. La première génération de simulateur considère uniquement l'aspect géométrique de l'anatomie et permet uniquement la "navigation" interactive à l'intérieur du corps humain. La seconde génération prend en compte la réalité physique des tissus et en particulier leur caractère déformable. De tels simulateurs peuvent représenter l'interaction d'instruments chirurgicaux avec les organes notamment les procédures de déformation et de découpe. Enfin la troisième génération de simulateurs médicaux prend en compte l'impact de l'intervention chirurgicale sur la physiologie du corps humain. Ainsi, la découpe d'un vaisseau sanguin aura un effet sur la pression sanguine du patient ce qui va perturber le fonctionnement d'autres organes.

La mise au point de tels simulateurs posent d'importants problèmes scientifiques et technologiques. Si la technologie des simulateurs de première génération est bien maîtrisée, le développement de modèles mathématiques relatifs au comportement physique et physiologique des tissus du corps humain reste un obstacle considérable à franchir. Il s'agit, par exemple, de

caractériser les comportements biomécaniques des tissus mous mais aussi de modéliser les interactions mécaniques entre ces tissus.

Il existe de plus des contraintes importantes sur le temps de calcul de ces lois de comportement physiques et physiologiques. Effectivement, pour que ces simulateurs aient une quelconque utilité, il est indispensable d’immerger l’utilisateur dans un environnement virtuel et par conséquent de respecter plusieurs contraintes temps-réel. Pour le retour visuel, il est nécessaire de calculer au moins 30 images par seconde, alors que pour le retour d’effort, il s’agit de calculer 300 à 1000 consignes de force par seconde.

## 4 Conclusion

La réalité augmentée et les simulateurs médicaux ouvrent des perspectives considérables notamment en chirurgie. Ces concepts ont déjà été testés par des prototypes expérimentaux mais des développements importants restent à effectuer tant dans le domaine scientifique que technologique pour réaliser une validation médicale convaincante. Uniquement une collaboration rapprochée entre médecins, biomécaniciens, informaticiens et ingénieurs permettra de mettre au point ces systèmes informatiques complexes.

## 5 Biographie

Hervé Delingette, ingénieur de l’Ecole Centrale de Paris et titulaire d’un doctorat en informatique, est chargé de recherche à l’INRIA Sophia-Antipolis au sein du projet Epidaure. De 1989 à 1992, il a travaillé au sein du laboratoire de traitement d’images de l’université de Carnegie-Mellon (USA). En 1992, il a travaillé au centre de recherche de Nippon Telegraph and Telephone (NTT) à Yokosuka (Japon). Il a rejoint l’INRIA en 1993 où il s’intéresse à la segmentation des images médicales ainsi qu’à la simulation d’interventions chirurgicales.