

# **DEVELOPPEMENT DE LA SIMULATION EN CHIRURGIE: EXPERIENCE DE L'ECOLE DE CHIRURGIE DE NANCY- LORRAINE**

## **"Jamais la première fois sur le patient"**

Le docteur Nguyen TRAN mène des recherches à l'Ecole de chirurgie de Nancy dans le domaine cardio-vasculaire, mais il a préféré nous présenter la recherche pédagogique qu'il a également menée au sein de cette même école. C'est un domaine très particulier, mais qui va bouleverser considérablement l'enseignement de la chirurgie. Il s'efforcera de nous montrer l'importance de la révolution pédagogique en cours dans la formation des jeunes médecins et des chirurgiens pour qu'ils puissent atteindre ce que l'on appelle maintenant la phase de validation des compétences.

Cette révolution est basée sur le développement de la simulation dans le domaine de la formation chirurgicale.

-.-

## **L'enseignement de la chirurgie : la nouvelle donne.**

### **L'émergence des nouvelles technologies de diffusion du savoir**

Actuellement, il existe un fossé considérable entre l'information que nous donnons, nous les enseignants, et celle que reçoivent les receveurs, c.-à-d. les étudiants. De notre temps, l'enseignement se faisait de manière verticale: on formait les maîtres, et les maîtres formaient les élèves. C'était une transmission exclusivement par l'intermédiaire du maître ; le maître qu'on appelait le maître savant, celui qui sait, qui transmet son savoir. Or maintenant cette notion du maître savant change considérablement. En particulier à cause de toutes les nouveautés.

Autrefois, quand on allait à la faculté, il fallait absolument être là pour voir, pour écrire, transcrire le moindre mot, la moindre virgule du maître. Maintenant, avec un clic, vous avez tout. La transmission ne passe plus par le prisme de l'enseignant ; elle va passer par autre chose que nous : les transmettants devront apprendre pour donner une connaissance quantifiable et qualifiable.

Dans la situation actuelle, dans le domaine médical et chirurgical, on assiste à une grande hétérogénéité. La formation n'est pas validée en profondeur ; on valide la connaissance, mais on ne valide pas l'habileté, la capacité d'un médecin. Ainsi un médecin généraliste peut faire des gestes chirurgicaux. On assiste aussi à une évolution très rapide de la technologie (on pouvait autrefois utiliser sa vie durant la même technique que celle apprise dans ses études). Ce n'est plus le cas avec le développement par exemple de la chirurgie non invasive. Elle bouleverse l'ordre de l'apprentissage et de la transmission. Tous les trois ou quatre ans, il y a une nouvelle technologie qui arrive, qu'il va falloir apprendre, appréhender, maîtriser de façon à la transmettre aux jeunes.

## Des patients plus informés et plus exigeants

Et puis, il y a un écueil éthique et légal : en effet de plus en plus, le patient réclame le droit d'être mieux soigné par tout le corps des professionnels de la santé. Or le processus d'apprentissage de la chirurgie se fait directement au bloc opératoire, directement sur le patient. Ce patient ne veut plus avoir affaire à un interne qui n'a jamais fait cette intervention. Il exige, et c'est déjà le cas depuis un moment aux Etats-Unis, d'être soigné le mieux possible, par un professionnel expérimenté. Et le critère de qualité devient maintenant un critère concurrentiel.

## Des gestionnaires également plus exigeants et plus attentifs

Nous assistons de plus à une inadéquation entre une pression socio-économique qui nous demande de faire beaucoup mieux avec des moyens toujours plus limités et les exigences de toutes les agences de santé.

Le docteur TRAN présente par ailleurs une statistique de l'année 2000 aux USA. Celle-ci montre clairement que le nombre de morts imputable à des erreurs médicales à l'hôpital est deux fois plus élevé que celui des accidents dû aux véhicules à moteurs et à celui dû au cancer. C'est énorme. Personne n'ose en parler, mais c'est excessivement important. Si on essaye d'expliquer les causes de cette mortalité, on s'aperçoit que les erreurs techniques en représentent presque la moitié (44%).

*Ainsi le déterminant majeur de la sécurité des patients en chirurgie est l'habileté chirurgicale et le jugement du chirurgien (bonne indication, résection respectant les règles carcinologiques ...). Or, on constate qu'actuellement que les chirurgiens sont formés et évalués sur leurs connaissances et peu sur leur capacité de prise de décision (cas clinique DESC). On passe des écrits et on a le certificat.*

*En conclusion, la formation pratique n'est pas formalisée, et surtout elle n'est pas évaluée. On n'apprend pas par des erreurs, car on apprend sur le patient. Il faudrait une analyse des erreurs et des « événements à risque » avant les premières interventions au bloc opératoire.*

## Simulation : Une nouvelle stratégie pédagogique

La recommandation de l'HAS (Haute Autorité de Santé) est que les personnels de santé doivent absolument apprendre, perfectionner, comprendre et maîtriser leurs gestes opératoires *par simulation avant de les effectuer sur les patients*. Tout cela pour arriver à une certification

N. TRAN, dans cette partie de son exposé, nous présente la solution envisagée autour de la simulation, solution que l'on peut maintenant proposer dans les années qui viennent.

## Rappel : le bouleversement des techniques chirurgicales

En l'espace de vingt ans on est passé de la chirurgie conventionnelle, c'est à dire des mains dans le cambouis, à la chirurgie cœlioscopique où vous entrez par de petits orifices de petits instruments ; c'est un changement extraordinaire car avant vous aviez un point de vue sensitif (les mains touchent le tissu) et maintenant vous avez une distanciation entre soignant et soigné par le biais des instruments. En plus, ces instruments sont raides et vous avez des difficultés d'appréhension : vous changez complètement votre comportement, puisque l'instrument est long et raide, la main doit se déplacer différemment. Il y a maintenant un effet de levier et la coordination gestuelle est toute changée. Le regard est aussi différent : on

regarde devant et puis on opère. Autrefois, les mains et la vision se guidaient; maintenant, il y a dissociation complète entre les deux.

Et puis nous avons maintenant le développement de la chirurgie robotique, où plus exactement de la chirurgie avec un télémanipulateur. C'est le chirurgien qui manipule les instruments. La main du chirurgien va contrôler les petits instruments. En quelques années on a donc complètement changé la vision opératoire et les soins.

Connaissant cette évolution technologique, chacun réclame le droit d'être mieux soigné : puisqu'il y a des outils de plus en plus performants, l'erreur humaine est encore moins supportée.

### **La notion de simulation et ses différentes composantes**

Selon N. TRAN la simulation est tout ce qui est en dehors du patient. On travaille sur des mannequins, on peut remplacer le patient par un patient numérique, on peut remplacer le patient par une impression 3D, on peut représenter un patient à travers un modèle animal, on peut représenter un patient à travers un cadavre. C'est toute cette richesse de représentation, de modélisation de la réalité par d'autres modèles physiques, biologiques qui permet de construire l'univers de la simulation en dehors du bloc opératoire.

Mais N. TRAN nous propose de distinguer deux catégories.

La première est la *simulation cognitive* : la conceptualisation des théories ; les anciens l'ont fait depuis longtemps; les meilleurs continuent à le faire parce que cela permet de visualiser un phénomène ; mais d'autres, malheureusement ont un peu moins de facilité d'imagination, ils ont besoin d'une aide que N. TRAN appelle le *compagnonnage numérique* .

Il faut rendre justice aux anciens qui ont popularisé ce type de « simulation » : la conceptualisation que l'on peut avoir à travers les écrits de Socrate et les démarches d'Hippocrate; c'est une simulation de l'esprit qui permet d'élaborer des hypothèses, puis de les vérifier.

La seconde catégorie est la *simulation technique* où l'on trouve les trois étapes de formation possible d'un chirurgien : la théorie et la conceptualisation, puis la répétition des gestes jusqu'à ce qu'ils deviennent des automatismes.

Dans le domaine médical, une condition nécessaire est la connaissance de l'anatomie. C'est Paracelse (1493-1541), Vésale (1514-1564), Paré (1510-1590) qui ont popularisé aux 16<sup>ème</sup> siècle la science anatomique qui permet un apprentissage par simulation : on regarde une dissection à travers un cadavre pour imaginer ce qu'il faut faire ensuite sur un vrai patient. Puis au 19<sup>ème</sup> siècle, nous avons Claude Bernard (1813-1878) qui a créé les bases de la médecine expérimentale par la modélisation technique à travers l'étude des processus expérimentaux.

Mais actuellement, on peut dire que la simulation technique n'existe pas vraiment, sauf pour les gens qui ont beaucoup d'imagination et dont la répétition va permettre la coordination naturelle des gestes.

## Le compagnonnage traditionnel et ses difficultés

En médecine et en chirurgie en particulier, la formation est fondée sur le *compagnonnage*: C'est la méthode dont nous rêvons tous, un maître, un apprenti qui va être pris en main. Ce compagnonnage permet la transmission de beaucoup de choses: C'est une relation privilégiée entre deux êtres humains, un chirurgien senior et un chirurgien novice ; c'est le compagnonnage Halstedien popularisé par le chirurgien Halsted. Elle permet la transmission du savoir, mais aussi une transmission sociale, une appartenance sociale, un soutien d'intérêt, un soutien affectif, psychologique; c'est donc une relation privilégiée. Cependant force est de constater que cette relation n'existe que dans des cas exceptionnels. Il y a d'abord une inadéquation entre le nombre de maîtres et le nombre d'élèves (et cela dans des proportions qui peuvent aller de 1 à 100); c'est le problème de la formation de masse où l'on doit donner la même formation à chacun. Le chirurgien est surchargé et de plus, cette action d'accompagnement n'est pas reconnue. On donne au professeur de médecine le devoir de former, mais sans en donner le cadre. On peut faire une analogie entre la musique et la chirurgie; dans le monde anglo-saxon, le bloc opératoire est appelée la scène. Vous avez des musiciens en train de jouer; et à un moment donné on arrête la symphonie pour laisser un plus jeune prendre sa guitare pour venir gratter avec eux. Cela est impossible sur une scène; et pourtant c'est ce qui se passe dans le bloc opératoire : on arrête pour laisser un jeune interne faire un petit nœud. Il y a d'abord une anomalie sur le patient, mais aussi sur la formation: on demande au maître de former et en même temps on ne leur donne pas le temps de le faire. On lui demande en effet de faire des blocs opératoires de plus en plus rapides . Il n'est pas jugé sur sa capacité à former , mais sur sa capacité à gérer de façon de plus en plus rapide le bloc opératoire. C'est un conflit permanent entre l'efficacité et sa mission de former les jeunes.

## L'exemple de l'aviation

Récemment sont arrivés les simulateurs numériques de l'aviation. Dans les années 50, l'aviation avait énormément d'accidents. Et pour remédier à ces accidents, ils ont inventé les simulateurs pour valider les compétences des pilotes. Ils ont réalisés un référentiel international et tous les 6 mois les pilotes sont obligés de revenir pour revalider leurs gestes ; ce n'est pas ce qui se passe en chirurgie. N. TRAN et son équipe se sont effectivement fortement inspirés de l'aviation.

## Le principe d'un simulateur bienveillant et objectif

Autrefois, quand vous faisiez un geste, il y avait une qualification subjective; c'est le maître qui vous disait si c'était bien ou non. C'est lui seul qui décidait, et cela pouvait dépendre de son humeur du moment. Si cela n'était pas bien , vous ne saviez pas pourquoi.

Le simulateur va, au contraire, vous donner *une formation autonome, bienveillante, et objective*. Si vous prenez un nœud et que vous le serrez plus ou moins fort, il le mesure. Si vous piquez avec votre aiguille à quelques millimètres d'écart, il le dit. Donc vous avez un retour d'expérience très rapide . Et c'est ce retour d'expérience qui va vous permettre de vous interroger sur ce que vous avez fait de mal. On apprend beaucoup plus rapidement par essais et erreurs , ... et surtout avec un système beaucoup plus bienveillant. Ce n'est plus la relation intimidante entre le maître et l'élève. C'est une règle de mesure beaucoup plus acceptable par tous.

En résumé, les simulateurs permettent un apprentissage actif, personnalisé et objectif ! une rétro-analyse plus rapide, une meilleure efficacité et une relation moins intimidante entre l'enseignant et l'apprenant ! Et comme le disait Benjamin Franklin "Tell me and I forget.; Teach me and I remember. Involve me and I learn".

Il faut impliquer de plus en plus nos jeunes dans la formation.

### **A nouveau, nécessité de changer notre manière d'enseigner !**

Il faut impliquer de plus en plus nos jeunes dans ce type de formation par simulation, sinon on risque un conflit inter-génération. A l'heure actuelle, les amphithéâtres de médecine sont vides: sur un amphithéâtre de 300-600 places, vous avez au plus une dizaine de personnes. Pourquoi ? Parce que l'information dispensée dans l'amphithéâtre, ils peuvent l'avoir. Ils ne viennent plus pour écrire, ils viennent chercher autre chose. Alors que nous autres nous continuons à faire un cours comme avant. Au siècle dernier, la transmission avait un côté social, l'égalité des chances, on va donner à tous la même information, ce qui a permis d'élever la masse vers le haut. Mais ce qu'on oublie, c'est d'emmener le haut encore plus haut. Actuellement, on est entre la transmission d'information à l'ancienne, le maître vers l'élève (je parle, tu écoutes) ce qui est à la limite un peu humiliant; en dictant ce qu'il faut faire, on oublie l'équité. Il y en a qui demandent beaucoup plus, avec les nouvelles technologies. Or le maître devient le frein du progrès: avant, il y avait un chemin, le maître disait : "*mettez vous derrière moi et suivez mon chemin*" ; maintenant il faut dire. "*Vous pouvez suivre mon chemin, mais je vais aussi vous apprendre à survivre dans la jungle, à faire du feu, à monter dans l'arbre, à manger des insectes pour que vous puissiez faire vos propres chemins*".

Il faut donc, nous autres, réapprendre la façon de préparer des jeunes. N'apprenez pas à vos enfants à survivre dans votre monde, parce que votre monde aura disparu lorsqu'ils seront grands, transmettez leur autre chose : l'expérience, la vision la compréhension, l'humanisme.

### **L'apprentissage par simulateurs dans le monde**

Aux USA, ils ont déjà pris en compte depuis très longtemps ce besoin. William MAYO a donné son nom à un hôpital très connu, le MAYO CLINIC. Il écrivait en 1927: "On ne peut plus excuser aujourd'hui les chirurgiens qui apprennent pour la première fois sur le patient". Ils ont donc bien compris la situation et ont énormément investis dans les centres de simulation. A tel point que cela devient concurrentiel: les jeunes s'inscrivent là où il y a des centres. Dans quasiment toutes les grandes facultés de médecine, vous avez un centre de simulation. Sans simulation, ils ne s'inscrivent pas. Pour la simulation chirurgicale, c'est un peu plus compliqué car les ressources pour apprendre la chirurgie sont trop coûteuses, donc il n'y a que quelques centres : un centre en Floride, le centre de testage du M.I.T., puis quelques autres. En tout 4 à 5 centres qui permettent aux USA d'être en pointe au niveau chirurgical.

En Europe, cela commence, mais ce sont de petits centres avec des moyens très faibles. En France, on a quelques centres dont beaucoup sont concentrés à Paris, avec récemment le centre de Paris Descartes ; en chirurgie, c'est plutôt des centres privés comme l'école européenne de chirurgie à Paris, l'Ircad à Strasbourg et l'école de chirurgie de Nancy.

En France, en 2012, c'est le rapport du professeur HENRY pour l'HAS: "*Jamais la première fois sur le patient*". Ce rapport était très alarmant. Il constatait une réalité émergente, mais une forte disparité géographique et une forte disparité de moyens financiers. Il y a des centres qui ne sont pas à la hauteur de leur ambition, en particulier en chirurgie : équipements disséminés, structuration faible, déficit en bonnes pratiques, absence de recherche.

## L'apprentissage par simulateurs à Nancy

N. TRAN se propose alors de décrire l'existant à Nancy, puis de nous montrer les apports que l'on a pu mesurer.

A Nancy, nous avons identifié ces problèmes et nous avons créé en janvier 2006 avec quelques collègues chirurgiens l'école de chirurgie de Nancy-Lorraine. A l'heure actuelle nous avons un plateau technique qui n'a pas d'équivalent en France, et au niveau européen nous sommes la première école avec autant de surface et de disponibilité proposant des parcours de la neurochirurgie jusqu'à la traumatologie. En 2014, nous avons reçu plus de 1000 personnes et 1500 en 2015, dont 20 % d'européens. Nous avons créé également, cela est dû à notre doyen le Professeur Marc Braun, un centre de simulation médicale pour les médecins (300 m<sup>2</sup> avec 4 salles de formation avec mannequins, espace de débriefing et régie de pilotage).

D'autres facultés suivent notre exemple comme la cardiologie, la pharmacie et aussi la simulation et la pratique de ville (2014) ainsi que le sport. Cela est facilité par ma position de directeur adjoint du collège de santé qui est une structure qui regroupe toutes ces facultés. Nous avons eu l'idée de créer un hôpital virtuel dans lequel il y aurait toutes les spécialités permettant aux jeunes du domaine de santé de suivre notre démarche.

### Une formation en trois étapes

La première étape commence par *l'apprentissage théorique*, mais avec un *compagnonnage numérique* avec le e-Learning, mais surtout depuis quelques temps nous avons un système 2D-3D de télé-chirurgie. Jusqu'à maintenant la formation de jeunes se faisait au bloc opératoire. Mais pratiquement, ils ne font pas grand chose car le champ opératoire est occupé par le chirurgien et par son aide. Vous avez des internes qui viennent au bloc et qui s'ennuient ! On les emmène maintenant à l'école de chirurgie où ils peuvent se connecter sur le bloc opératoire en vision 3D. Avec la même vision que le chirurgien, ils ont un système qui leur permet de dialoguer avec le chirurgien (le chirurgien qui voit son interlocuteur de face au lieu de l'avoir dans son dos préfère nettement cette situation). L'échange se fait mieux et par ce biais il y a une réappropriation du bloc opératoire par l'interne. Les internes aiment beaucoup, ils peuvent discuter entre eux et avec le tuteur qui reste à côté d'eux. Pendant l'opération, ils peuvent aussi interroger le chirurgien, bloquer l'image. Réciproquement, le chirurgien opère avec un écran tactile devant lui, et il peut figer l'image pour montrer quelque chose qu'il juge important. Il peut poser des questions et un dialogue peut alors intervenir. On réintroduit ainsi le côté humain grâce au numérique.

La seconde étape est l'entraînement et la répétition avec les simulateurs, ce qui conduit à l'évaluation et la Certification. Puis on termine par une troisième étape mobilisant de vrais modèles, plus réalistes, pour ne pas perdre le côté sensible. Dans l'acte chirurgical, il ne suffit pas d'apprendre le côté mécanique sur une machine, il faut aussi apprendre le côté sensitif des choses.

N. TRAN nous montre alors quelques images et un petit film de l'école de chirurgie. Actuellement les blocs opératoires sont en tout point semblables avec ce que l'on peut trouver au niveau de l'hôpital le plus performant. Il nous montre aussi quelques photos d'exemples de simulation développés à l'école de chirurgie : l'ophtalmologie, l'arthroscopie,

l'hystérocopie ainsi que la simulation de l'apprentissage de l'implantologie dentaire. Les élèves utilisent des lunettes 3D mais aussi un retour de force.

### **Evaluation des résultats et validation de la démarche**

Le simulateur n'est pas la finalité. Il faut démontrer ce que l'on appelle la réalité subjective. Est-ce que le simulateur est réaliste ? Est-ce que le simulateur a de l'intérêt ?

Il faut aussi vérifier si le simulateur a une validité objective, c'est à dire s'il vérifie les critères suivants : peut-il distinguer les novices et les experts ? très important d'avoir des exercices qui le permettent. Il faut pouvoir comparer ce simulateur avec un geste gold standard. Y -a-t-il la reproductivité des scores? Y-a-t-il une validité prédictive, c.-à-d. une corrélation avec les performances aux blocs opératoires.

N. TRAN nous présente quelques évaluations ; il nous détaille ainsi l'article " The virtual reality simulator dV-Trainer is a valid assessment tool for robotic surgical skills" correspondant à un travail réalisé sur un simulateur de robots avec de nombreux collègues et publié en 2012. Ils ont travaillé avec 75 sujets (5 experts, 6 intermédiaires, 8 débutants, 37 novices et 19 témoins non chirurgiens). Ils ont considéré 5 exercices (avec des instruments articulés, avec une coordination bi-manuelle , avec un retour de force visuel, avec un débrayage et avec un déplacement de caméra).

Sur la validité subjective, tous les étudiants ont trouvé que les simulateurs de robots avec ces exercices donnent le sentiment de mieux apprendre que directement sur un robot.

Sur la validité objective , on obtient une très forte corrélation entre les scores obtenus par une même personne sur le simulateur et sur le robot.

On remarque par ailleurs que les jeunes qui ont déjà une expérience des jeux vidéos progressent beaucoup plus vite que les autres. Cela est aussi vrai pour les jeunes qui ont déjà l'habitude de la microchirurgie. En effet, on apprend par analogie : en microchirurgie , on travaille devant un microscope, assis ; on est donc dans la même position que pour la chirurgie robotique. On apprend de plus la microchirurgie avec le simulateur de chirurgie. Cette association permet de progresser de manière considérable.

### **Une recherche à poursuivre**

Le niveau des chirurgiens experts sur un simulateur est très constant. Un novice sur un simulateur progresse, mais il arrive à une limite. Cela nous montre qu'il faut autre chose que des simulateurs. Le secret pour aller plus loin est décrit dans le second travail que nous décrit maintenant le docteur TRAN: "Relative contribution of Haptic Technology to Assessment and Training in Implantology". C'est un travail sur la chirurgie d'implantologie dentaire . Le chirurgien travaille sur un patient en 3D avec des lunettes 3D pour appréhender la profondeur et sur son fraisage, il a ici un vrai retour de force.

La population étudiée correspond à trois groupes d'opérateurs, des novices n'ayant reçus seulement qu'un cours théorique PowerPoint, des étudiants ayant suivis en plus du cours théorique un parcours de 8 sessions sur le simulateur et des experts correspondant à des praticiens expérimentés ayant aussi reçu le cours théorique PowerPoint. Mais outre la simulation numérique, on a imprimé en 3D ce qu' il y a dans la machine pour qu'ils puissent retravailler dessus.

On évalue le travail de l'implant sur le simulateur à partir de différents critères: l'erreur de centrage et l'erreur d'angulation, la profondeur du forage et les perforations possibles, le temps total par exercice et le temps de forage effectif.

Globalement, les élèves progressent et même progressent très rapidement lorsque l'on met à leur disposition des aides, comme le GPS. Mais dès que l'on enlève ces aides, les résultats chutent très rapidement. Comme pour le vélo lorsque l'on enlève les petites roues de côté, on tombe souvent. Il faut donc un autre accompagnement lié à la représentation de la nature du danger. Il faut ajouter à la simulation technique une simulation cognitive comme faisaient nos anciens.

On repère bien la différence entre les experts et les novices. La simulation permet aux plus jeunes de fortement s'améliorer, mais non d'atteindre le niveau des experts. Il faut mettre en place d'autres stratégies pédagogiques. Par exemple, nous présentons 3 étapes: théorie du geste, la déconstruction de la procédure et enfin l'entraînement sur simulateur.

On a aussi popularisé ce que les américains ont bien compris: le maître n'a plus le temps d'apprendre aux autres. Ils ont découpé le geste chirurgical et médical en plusieurs morceaux: à partir de là, l'apprentissage peut se faire par l'infirmière, par les ingénieurs, c'est le principe de subsidiarité pendant la formation. Aussi sur les centres de formation, il n'y a qu'un seul médecin pour participer à l'instruction, les autres sont des ingénieurs ou des techniciens; C'est un peu comme à l'armée, l'instruction est faite par les sergents, mais non directement par les généraux. Et cela marche. Dans notre cas, il n'est pas nécessaire d'avoir sur place un médecin ou un chirurgien pour appuyer sur le bouton d'un simulateur. *Le professionnel n'intervient qu'après, au niveau de la supervision, pour le débriefing.* C'est dans ce supplément d'information lors du débriefing que réside le secret: permettre à l'apprenant de construire sa simulation cognitive interne. L'apprentissage se fait ainsi à travers des exercices basés sur les erreurs.

## Conclusion

Et on conclut sur un nouveau concept: ce n'est plus le maître savant, c'est le maître ignorant. C'est un concept dû au philosophe français Jacques Rancière.

Le maître n'est pas obligé de tout connaître. En effet, l'ouverture vers le monde nous montre que nous ne pouvons pas tout connaître. Mais on a l'humilité du maître. Le maître est celui qui peut guider les autres et non celui qui va donner l'information exacte sur tout. Le maître est celui qui guide; c'est un rôle beaucoup plus intéressant. C'est ce que nous essayons de mettre en place; cela nous apprend l'humilité, mais aussi nous aide à populariser un autre type de formation qui tranquillise et qui est basée sur la bienveillance.

La bienveillance est pour nous très importante. Parce que jusqu'à maintenant nous avons des professionnels, des chirurgiens très bien formés, mais qui n'inventent plus rien. Pourquoi? Parce qu'ils ont tellement peur de l'échec qu'ils vont rester tout le temps dans la même ligne. Or apprendre, progresser, inventer, cela demande de mordre la poussière, de connaître l'échec; cent fois, et cent fois se relever. Or, ils ont très peur de cela. C'est pour cela que l'on a actuellement une telle crise d'inventivité. Ainsi les nouveautés en médecine et en chirurgie, ce sont les compagnies qui les créent avec des ingénieurs. Autrefois c'étaient les chirurgiens qui créaient les nouveautés. C'est la raison pour laquelle, on est bienveillant, on ne critique pas, on ne juge pas. On suggère de façon à ce que les gens progressent. Pour qu'ils apprennent à partir des erreurs et non parce que c'est comme cela.



La simulation est donc un moyen pour apprendre. Mais c'est aussi un gage de sécurité pour le patient. Vous pouvez par exemple venir sur le simulateur avec les propres données de votre patient que vous devez opérer le lendemain et simuler l'opération avant de la réaliser réellement. Pour un patient avec une malformation cardiaque, vous pouvez prendre son scan, modéliser son cœur, imprimer son cœur, y travailler dessus avant d'opérer sur le patient. C'est ce que nous sommes en train de préparer.

N. TRAN remercie tous ses maîtres, et en particulier le professeur Juan-Carlos CHACHQUES qui l'a initié à la thérapie cellulaire cardiaque lorsqu'il était encore jeune assistant ; Actuellement , il développe un système d'aide à la contraction cardiaque, qu'il appelle exosquelette cardiaque. Ce système est encore en développement et il est encore trop tôt pour le présenter ici.

## Questions

Juan-Carlos CHACHQUES: Je voudrais noter les progrès et la rapidité des résultats qui ont été réalisés à Nancy par notre collègue. Il faut noter aussi que les premiers développements de cette approche ont été effectués à Singapour avant les Etats Unis et l'Europe.

Il y a une autre application très intéressante : c'est l'accouchement virtuel dont la simulation permet d'étudier les positions difficiles. C'est une collaboration avec le service de réanimation du professeur Lévy

Michel GONDRAN: Comment se fait le financement de ce centre?

N. TRAN: On a un mode de financement très particulier qui est né d'un malentendu. J'étais jeune assistant et on m'a chargé de créer une structure de recherche chirurgicale, qu'on appelle la chirurgie expérimentale. On m'avait dit : "*fais-le mais on ne te donnera rien*". Comme j'ai l'habitude que l'on ne me donne rien, j'ai monté cette structure. Grâce au développement de la thérapie cellulaire cardiaque que j'ai rapatrié sur Nancy, on a pu traiter 14 personnes. On a testé sur l'animal, en particulier le cochon.

Grâce à cela , on a eu un peu de crédit dans les deux sens du terme. Et comme on s'appelait chirurgie expérimentale, les étudiants nous ont fait part de leur besoin : apprenez-nous à faire un nœud car on va bientôt être externe et on ne sait pas les faire. Cela nous a donné l'idée d'une école de simulation. Le doyen nous a entendu et nous a dit banco, mais sans moyens.

On a créé un mode de fonctionnement autonome. On a deux objectifs. Un objectif régalien correspondant à la formation de nos jeunes ; nos jeunes ne payent pas. En revanche, à côté, on met en place des journées de formation spécifiques pour des professionnels qui payent. Grâce à notre approche novatrice, nous avons beaucoup de professionnels qui viennent, ce qui permet de financer nos étudiants. Ils viennent aussi grâce à notre approche bienveillante où ils ne se sentent pas jugés. Notre système est mixte car N. TRAN est enseignant chercheur public et la moitié du personnel est aussi public ; tout l'argent que l'on gagne, on l'injecte dans les nouveaux développements.

Victor MASTRANGELO: Quel est le statut ?

N. TRAN: En anglais, c'est Business Unit - centre de profit en français -. Il y a une grande collaboration avec les industriels, en particulier avec Siemens pour tout ce qui est échographie et imagerie; ceux qui font des robots mettent à la disposition de l'école des robots à des prix très intéressants. Nous pouvons former les gens pour eux. Et ainsi chacun y trouve un avantage.

V. MASTRANGELO: Derrière la simulation, il y a des logiciels qui sont assez lourds vu les nombreuses fonctions qu'ils réalisent. Qui réalisent ces logiciels?

N. TRAN: Actuellement, ce sont les industriels qui réalisent ces logiciels. C'est une armée d'ingénieurs. Ils font aussi appel à nos équipes de recherche. Cela correspond à un développement économique extraordinaire dans les prochaines années. Et cela, pas seulement en médecine, mais aussi dans les lycées pour l'anatomie. Il n'y a que cela pour que les jeunes puissent mieux appréhender les choses. C'est un champ de développement extraordinaire. Quand nous étions petits, qui n'a pas rêvé à un voyage extraordinaire au centre du corps? Avec la certification au niveau médical, cette approche va devenir obligatoire. Tous les centres devront le faire.

Jean-Pierre TREUIL: Dans le réalisme des retours, a-t-on obtenu la perfection ou existe-t-il encore des progrès à faire?

N. TRAN: Il y a encore des progrès à faire. Nous sommes actuellement au niveau de la 4L et il faut viser la Porsche. Le retour de force, on l'a dans certains cas, mais non dans tous. Or ce retour est essentiel : pour le moindre nœud, il faut savoir comment on a comprimé un tissu. Les gens se battent actuellement pour le développement du retour de force.

En chirurgie robotique, on va vers une miniaturisation avec la possibilité de n'avoir qu'une seule entrée pour la caméra et pour les bras articulés du robot ; le retour de force est alors quelque chose de fondamental.

Edith PERRIER : Peut-on aller jusqu'à la perfection? Quel est la différence avec les simulateurs d'avions pour lesquels il n'y a pas de retour sur expérience?

N. TRAN: La simulation sur des cas particuliers est en général bien faite. mais il faut des simulateurs qui permettent l'apprentissage par essais et pour cela on doit simuler des pannes pour voir comment on réagit.

Gilbert BELAUBRE: Le cursus universitaire avec cette méthode est-il différent du cursus classique, en durée, en validation?

N. TRAN: Le cursus normal est de 6 ans. On ramène le cursus à 5 ans ; et sur un temps plus court, on forme mieux et cela grâce à la simulation. Mais pour le moment nous sommes encore au stade expérimental pour démontrer que la simulation a un rôle. L'aviation a bien montré qu'elle a permis de réduire très fortement les accidents.

V. MASTRANGELO: En dehors de l'aéronautique, il y a aussi des simulateurs dans le nucléaire qui est un autre secteur de pointe. c'est un système complexe avec plusieurs milliers de capteurs à prendre en compte. C'est peut-être un exemple à regarder ou à suivre?

N. TRAN: Nous avons à l'école de chirurgie des simulateurs du F15 et du Mirage 2000. C'est une collaboration que nous avons avec l'armée. Les pilotes viennent chez nous pour former également des collègues chirurgiens. Un simulateur de vol dans une école de chirurgie paraît en effet un peu incongru. On a détourné les objectifs. Le premier est un apprentissage bienveillant. Lorsque l'on a des jeunes en formation, ils comprennent bien le débriefing: bien, pas bien. Mais 50% de nos apprenants sont des chirurgiens déjà formés qui ont très peur d'être jugés; pour eux on ne débrieife jamais au bloc opératoire. On les emmène faire un petit tour de vol sur le simulateur de vol et pendant qu'ils volent on débrieife. Et là, ils acceptent. Le second objectif est un objectif de travail en commun. Pour simuler le travail en commun dans un bloc opératoire, il n'est pas réaliste de faire jouer au chirurgien le rôle de l'infirmière

et à l'infirmière le rôle du chirurgien. Par contre, il est plus réaliste de faire jouer à l'un ou à l'autre le rôle du pilote et du copilote dans un avion. Ils ont des procédures de vol de plus en plus compliquées avec une obligation de communication très rapide sinon ils s'écrasent. Ils peuvent intervertir les rôles. Et à partir de là, ils peuvent mieux comprendre les autres.

Lorsque l'on reconstitue un bloc opératoire avec une permutation des rôles cela ne marche pas pour des problèmes liés uniquement à l'ego. On a des blocages qui sont libérés par le changement de lieu.

On se sert donc de la simulation aéronautique pour accompagner notre démarche pédagogique.

Enfin, il y a une troisième raison. Nos jeunes, les internes, les gueux qui n'ont pas d'argent pour payer, ne sont pas prêts à payer 50 euros pour nos cours, mais s'inscrivent pour 300 euros pour la formation de vol dispensé par le pilote. Et c'est comme cela que l'on rentre dans nos frais!

Claude MAURY: Dans la qualification, il y a les aspects analytiques comme les gestes, mais aussi les aspects synthétiques comme le jugement. Pouvez vous nous parler du jugement, c.-à-d. de la capacité à prendre les bonnes décisions.

N. TRAN: Vous avez tout à fait raison. On a commencé par l'automatisme, mais on découpe la formation en plusieurs modules. Il y a d'abord les modules techniques (automatisme des gestes) car la chirurgie est d'abord technique. Il y a ensuite un module pour apprendre comment donner aux gens la capacité de jugement devant une situation. Cela est très difficile. C'est un projet de recherche que nous allons mener avec l'armée qui a acceptée avec enthousiasme notre projet. On a des super-pilotes, des professionnels. On peut détecter des comportements un peu borderline (positifs ou négatifs) : c'est quelqu'un qui sort du cadre et qui prend une décision à un moment donné, et c'est la bonne; ou la mauvaise. Comment peut-on détecter cela? on met en place dans la station de vol beaucoup de procédures rigoureuses et d'autres où les gens doivent prendre des décisions. Peut-on détecter cette capacité intrinsèque de quelqu'un de prendre à un moment donné une bonne décision ? Analyser et sortir de l'automatisme est en effet essentiel.

Gilles COHEN-TANNOUDJI: Le logiciel alpha GO s'auto forme. Dans votre cas, quelle est la formation des formateurs?

N. TRAN: Dans le groupe des formateurs, vous avez des gens très différents: des chirurgiens, des médecins, des scientifiques et des ingénieurs. On découpe la tâche en fonction des difficultés et d'un principe de subsidiarité. On obtient alors des unités fonctionnelles : pour apprendre sur un simulateur, c'est l'ingénieur qui forme; le débriefing se fait par un médecin ou un chirurgien.

Claude MAURY: Comment combinez vous le jugement et l'expérience?

N. TRAN: On reste très humble avec l'objectif: "*jamais la première fois sur un patient*". Cela ne veut pas dire que l'on va créer des virtuoses. On va faire en sorte que celui qui va sortir de chez nous ait une sorte de permis de conduire (une 4L en attendant la Porsche). Avec cela, on aura moins d'accidents. Il faut des lieux pour se former, et se reformer.

Enfin, N. TRAN nous décrit sur l'exemple du fraisage la différence entre le travail prescrit (axe de fraisage au centre) et celui d'un expert qui va réaliser un fraisage légèrement décalé par rapport au centre pour éviter la membrane interne qui est très fine.