

# Simulation chirurgicale (dV-trainer®) et formation chirurgicale robotique

## Surgical simulator (dV-Trainer®) and robotic surgery education

J Hubert [1, 4, 5], C Perrenot [2, 4, 5], N Trand, J Felblingere, M Perez [3, 4, 5]

1. Services d'Urologie, CHU de Nancy Brabois et Faculté de médecine, Nancy
2. Service de chirurgie digestive et endocrinienne, CHU de Nancy Brabois et Faculté de médecine, Nancy
3. Service de chirurgie générale et urgences, CHU de Nancy Brabois et Faculté de médecine, Nancy
4. Ecole de Chirurgie, Nancy
5. IADI (Imagerie adaptative diagnostique et interventionnelle), INSERM U947, Nancy

### Mots clés

- ◆ Robot
- ◆ Chirurgie robotique
- ◆ Enseignement
- ◆ Simulation
- ◆ Da Vinci
- ◆ dV-Trainer

### Résumé

La multiplication des implantations de robots chirurgicaux Da Vinci (plus de 2 000 dans le monde) pose, comme pour toutes les nouvelles technologies, la question de l'apprentissage et de l'évaluation des compétences.

À partir d'une expérience pionnière, les équipes chirurgicales nancéennes ont développé un modèle de formation original recourant à différents moyens pédagogiques au sein desquels la simulation chirurgicale a une place prépondérante.

Une évaluation prospective de la progression de deux groupes de novices participant à une formation, soit sur simulateur dV-Trainer® seul soit multimodale, a été conduite. Leurs résultats ont été comparés aux scores d'experts en chirurgie robotique. Cette étude a montré la validité de l'apprentissage sur simulateur pour les gestes de base en chirurgie robotique mais aussi la nécessité de l'intégrer dans un apprentissage multimodal.

Ces résultats ont conforté l'utilisation du simulateur au sein d'une formation comprenant, par ailleurs, de la microchirurgie et l'utilisation du robot Da Vinci® sur modèle inanimé (*dry lab*) puis sur l'animal (*wet lab*).

Cette formation innovante sera améliorée par l'étude multicentrique internationale actuellement en cours. Sa place dans le curriculum global de formation doit être précisée et validée en tant qu'outil pédagogique.

### Keywords

- ◆ Robotics
- ◆ Robotic surgery
- ◆ Education
- ◆ Computer simulation
- ◆ Da Vinci

### Abstract

Increasing setting up of robots throughout the world raises the question of education and credentialing.

Based on their 11 years experience in robotics, Nancy's (France) multidisciplinary surgical teams have developed integrated teaching means, based on simulation with the dV-Trainer®, microsurgery, and practice on a Da Vinci® robot (dry and wet lab).

International evaluation is underway and aims to validate the value of this innovative training in a robotic curriculum.

La courbe exponentielle actuelle d'implantations des robots chirurgicaux Da Vinci aux États Unis s'exporte en Europe et en France. Ceci pose comme pour toutes les nouvelles technologies la question de l'apprentissage et de l'évaluation des compétences.

L'interface homme-machine nécessite une formation spécifique, très différente de la formation chirurgicale classique : une familiarisation avec l'interface (manettes, caméra, pédales...) et l'acquisition d'automatismes est un préalable à tout geste chirurgical robotique.

À partir d'une expérience pionnière, les équipes chirurgicales nancéennes (urologique, digestive, oncologie gynécologique, cardiaque, ORL) ont développé un modèle de formation original recourant à différents moyens pédagogiques au sein desquels la simulation chirurgicale a une place prépondérante.

## Historique de l'apprentissage en chirurgie

Le modèle halstédien a prévalu en chirurgie ouverte pendant des décennies. Basé sur le compagnonnage, à deux chirurgiens autour d'un patient, il permettait à un novice de voir opérer un senior, d'être aidé par lui puis de pratiquer lui-même.

La coelochirurgie a débuté en France dans les années 1980 (1). Par manque de chirurgiens expérimentés, l'apprentissage de cette technique très différente de la voie ouverte n'a pas été codifié pendant des années. Une grande partie de cet apprentissage s'est faite lors de la pratique clinique, et des complications graves, qui n'existaient plus en chirurgie ouverte, étaient réapparues (2).

Depuis, la formation s'est structurée, faisant appel à un entraînement sur *pelvi-trainer*, sur simulateurs (Symbionix®,

### Correspondance :

J Hubert - Service d'Urologie, CHU de Nancy-Brabois  
54511 Vandœuvre les Nancy  
E-mail : j.hubert@chu-nancy.fr



Figure 1. Simulateur Ross®.



Figure 2. Simulateur dV-Trainer®.



Figure 3. Da Vinci skills simulator.

LapSim®, Lap-X®...), ou sur l'animal (3). Une forme de compagnonnage reste également possible compte tenu de la proximité physique du chirurgien et de son aide.

Aux États-Unis, des sociétés savantes telles l'*American College of Surgeons* (ACS) et la *Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons* (SAGES) ont développé en 2004 les *Fundamentals in Laparoscopic Surgery* (FLS), formation et évaluation obligatoires pour un chirurgien avant de pouvoir prétendre à une activité chirurgicale laparoscopique clinique (4).

La chirurgie robotique est apparue à la fin des années 1990. Les premiers robots développés par la société *Computer Motion* (bras porte-endoscope - Aesop® - puis bras opérateurs robotisés - Zeus®) n'atteignaient pas le niveau de précision apporté par le robot Da Vinci® créé par la société *Intuitive Surgical*, Sunnyvale, Californie, États-Unis. Ce dernier a été acquis par le CHU de Nancy en 2000, à une époque pionnière où les indications de ce type de chirurgie étaient encore inconnues : le robot a, par exemple, été créé dans l'optique d'une utilisation en chirurgie cardiaque, et la pratique a très rapidement montré une utilisation principale en urologie. Après un entraînement à l'École de chirurgie durant un an utilisant le robot sur des organes *ex-situ* puis sur le cochon, les différentes équipes sont passées à la chirurgie robotique clinique, avec d'excellents résultats (5).

La chirurgie robotique est très largement répandue (plus de 2 000 robots installés et près de 1,8 million d'interventions robotisées en 2011), et les courbes d'apprentissage ont été évaluées dans différentes spécialités. Si l'on se réfère au critère de la durée opératoire, la courbe d'apprentissage s'approche de l'asymptote après le vingtième cas, avec pour la prostatectomie des durées qui passent de 400 à 150 min (6) et

pour la chirurgie rectale de 280 à 220 min (7).

En Europe, la formation en chirurgie robotique est principalement assurée par la société *Intuitive Surgical*, seule firme dans le monde à commercialiser un robot chirurgical actuellement. Elle se déroule sur deux jours dans un de leurs centres de formation (Strasbourg ou Paris). Bien qu'elle soit dispensée par des formateurs de grande qualité, elle ne peut prétendre seule apporter une maîtrise de la machine et un entraînement suffisants pour une utilisation clinique ; c'est cette idée que l'on retrouve sur le site internet d'*Intuitive Surgical* [<http://www.intuitivesurgical.com/training/> consulté le 4/02/2012].

Un besoin pédagogique est donc clairement identifié, dont le but serait d'acquérir une expérience initiale préclinique et d'effectuer, ainsi, le maximum de la courbe d'apprentissage en dehors du bloc opératoire. Un autre enjeu serait d'apporter une certification au chirurgien ; des sociétés savantes américaines (MIRA, SAGES) travaillent à l'établissement de FRS (*Fundamentals in Robotic Surgery*).

Un enseignement dédié à la chirurgie robotique aurait :

- un intérêt clinique avant tout, puisqu'il doit permettre un apprentissage avant l'étape au bloc opératoire et épargner des risques liés aux soins chez le patient ;
- un intérêt médico-légal : en cas de recours judiciaire, une telle formation et un diplôme universitaire peuvent être un élément prouvant l'application qu'aura eue le chirurgien à se former avant de se lancer dans une technique nouvelle ;
- un intérêt économique : une durée opératoire allongée en début d'expérience entraîne un temps d'occupation de salle plus important, et donc un surcoût. Cette approche économique a un sens en activité libérale, mais aussi et de plus en plus en secteur public ;
- un autre intérêt potentiel serait celui de l'évaluation des

Figure 4. Différents éléments du dV-Trainer® : a. console avec lunettes binoculaires et appui-bras réglables en hauteur ; b. manettes de commande ; c. pédales de débrayage, de contrôle de caméra, de coagulation bi et monopolaire.



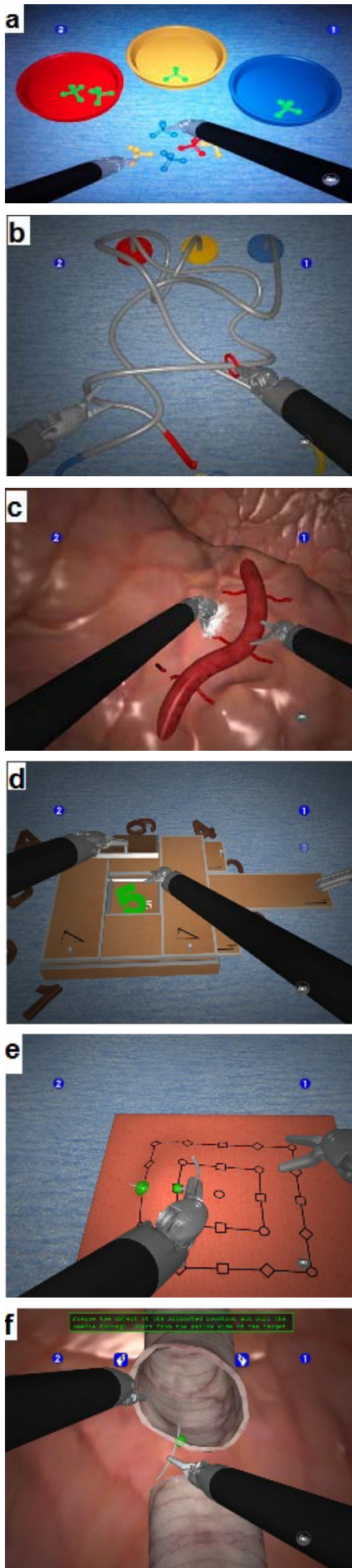


Figure 5. Quelques exercices au dV-Trainer®

- « pick & place » ; déplacement de plots vers des assiettes ;
- « ring & rail » : déplacement d'un anneau le long de tubes sinueux ;
- coagulation bipolaire ;
- manipulation de chiffres et de tiroirs ;
- passages d'aiguille dans une éponge ;
- points de suture.

compétences. Dans ce domaine, la simulation peut avoir un rôle aussi important qu'en aéronautique où les simulateurs ont permis de longue date d'évaluer les aptitudes au vol des candidats pilotes.

## Simulateurs de chirurgie robotique

Plusieurs simulateurs ont été développés :

- le simulateur Ross® du *Roswell Park Cancer Institute*® (Buffalo, New York, États-Unis) (fig. 1) ;
- le dV-Trainer® de la société *Mimic Technologies* (Seattle, WA, États-Unis) (fig. 2), qui est le seul à bénéficier d'accords avec la société *Intuitive Surgical*. Cela a permis le développement d'exercices très proches de la réalité ;
- le Da Vinci *skills simulator* (fig. 3), simulateur adaptable sur la console du robot Da Vinci Si®, qui est équipé du software de Mimic.

Le simulateur dV-Trainer® est constitué d'une console esthétiquement proche de la console du robot Da Vinci®, d'un système de vision binoculaire ainsi que de manettes dont la position dans l'espace est réglée par des câbles reliés à des micro-moteurs. Il permet également l'adaptation ergonomique de la position du chirurgien à la console (fig. 4a,b).

À ses pieds, le chirurgien dispose d'une réplique du pédalier du robot Da Vinci S (le pédalier du Si, assez différent, sera disponible courant 2012) avec les commandes de débrayage, de caméra et les pédales de coagulation (fig. 4c).

Le logiciel M-Sim® permet la simulation de plus de 30 exercices (fig. 5a-f), de niveaux de difficulté croissants, avec un enregistrement automatique des scores réalisés, des erreurs commises... (fig. 6). Les exercices assurent la familiarisation avec la plate-forme robotique de manière à permettre au chirurgien d'acquérir la gestuelle propre au robot. Ainsi, il pourra secondairement se consacrer à son geste sans avoir à réfléchir aux manipulations de base. Le dV-Trainer® ne dispose pas de simulation de gestes chirurgicaux pour l'instant. Les seuls exercices se rapprochant de la chirurgie vraie sont des passages d'aiguille et la réalisation de nœuds.

## Évaluation du dV-Trainer®

L'École de chirurgie de Nancy a pu acquérir un dV-Trainer® dès 2008, avec un statut de beta testeur. Elle dispose actuellement de cinq appareils destinés à l'enseignement et à la recherche.

## Matériel et méthode

De décembre 2009 à avril 2010, une étude prospective non randomisée a été réalisée à l'École de chirurgie de Nancy sur dV-Trainer®.

Trois groupes ont été définis : un groupe d'experts composé de cinq chirurgiens ayant une expérience de plus de 100 procédures en chirurgie robotique et deux groupes de novices sans expérience préalable en chirurgie robotique (durée de manipulation à la console du robot Da Vinci et ou du simulateur dV-Trainer inférieure à deux heures). Le groupe B (n = 10) a suivi une formation multimodale utili-

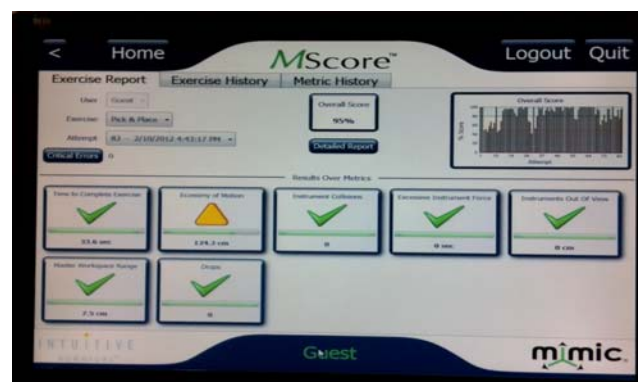
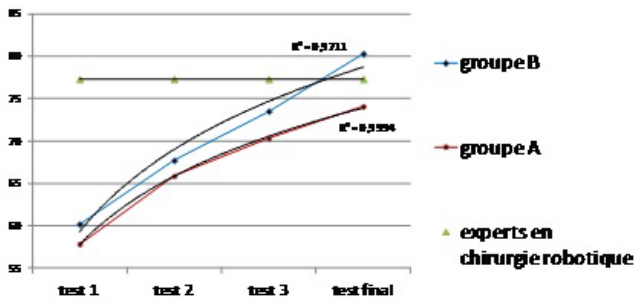


Figure 6. Scores automatiques au dV-Trainer



Graphique 1. Évaluation du dV-Trainier® : scores des trois groupes expérimentaux (groupe B : formation multimodale utilisant le simulateur dV-Trainier® puis le robot Da Vinci® ; groupe A : formation utilisant uniquement le simulateur dV-Trainier®).

sant le simulateur dV-Trainier® puis le robot Da Vinci® pour une durée totale de 10 heures. Le groupe A (n = 11) a suivi une formation de même durée mais utilisant uniquement le simulateur dV-Trainier®.

Pendant la formation une série de cinq exercices, représentatifs des fondamentaux de la chirurgie robotique (gestion de la profondeur en 3D, débrayage, manipulation des instruments articulés, retour de force visuel, caméra), ont été choisis afin d'étudier la progression des novices.

Cette série de cinq exercices a été réalisée une fois par le groupe expert afin de définir une référence. Elle a été réalisée quatre fois dans chacun des deux groupes en début de formation (test 1), après 3 heures de formation (test 2), après 6 heures de formation (test 3) et en fin de formation (test 4).

Les données de scores ont été recueillies à partir de logiciel M-Sim® qui note de façon automatique sept critères (temps, économie de mouvement, ergonomie, lâcher d'objet, maintien des instruments dans le champ de vision, collision des instruments, force excessive sur les instruments) et donne un score global sur 100.

## Résultats

Les scores initiaux pour l'ensemble des sujets testés étaient indépendants de l'âge, du sexe, de la latéralisation, de l'expérience en laparoscopie, mais liés à une expérience préalable en microchirurgie et en jeux vidéo ( $p = 0,05$ ).

Pour les sous-groupes A et B, âge, expérience en coelioscopie, en jeux vidéo, nombre d'heures global de formation étaient comparables ( $p = 0,39$ ), de même que les scores avant formation : 60,2 % versus 57,8 % ( $p = 0,67$ ).

En fin de formation, le groupe B obtenait des scores supérieurs : 81,3 % versus 74,1 % ( $p = 0,05$ ) ; et 90 % des chirurgiens du groupe B obtenaient des résultats supérieurs au ni-

Figure 8. Entraînement en microchirurgie.



Figure 7. Salle de simulation dV-Trainier.

veau expert pour ces exercices de base alors que ceux du groupe A n'atteignaient pas ce niveau (graphique 1).

Il en a été conclu que le simulateur de chirurgie robotique dV-Trainier® permettait un apprentissage réaliste, à moindre coût, des gestes de base en chirurgie robotique mais qu'il ne pouvait, à l'heure actuelle, constituer à lui seul un programme complet de formation. Ce qui confirme l'expérience en aéronautique : « on ne peut apprendre à voler sans voler ».

## Enseignement multimodal

Le diplôme interuniversitaire (DIU) de chirurgie robotique créé en 2008 a d'emblée fait appel à différents moyens pédagogiques dont le simulateur dV-Trainier® ; l'étude menée a conforté l'équipe pédagogique dans ses choix. Un rapport récent de la HAS (8) souligne également l'importance de cette approche dans le domaine de la santé.

L'étape préclinique est l'objectif principal de l'enseignement. En accord avec le modèle de Rasmussen (habiletés/règles/connaissances) (9), elle vise à :

- familiariser le chirurgien avec l'interface robotique ;
- lui faire acquérir les réflexes spécifiques à son utilisation ;
- lui faire réaliser les actes chirurgicaux de base.

Elle vise également à former l'ensemble de l'équipe puisque l'instrumentiste a un rôle primordial dans cette chirurgie à distance (le chirurgien est stérilisé, à quelques mètres du patient).

Figure 9. Entraînement sur robot Da Vinci Si.



Elle fait appel :

- au simulateur dV-Trainer® (fig. 7), où chaque stagiaire suit à son rythme un programme d'entraînement progressif basé sur la compétence acquise, c'est-à-dire dans lequel le stagiaire répète chaque exercice jusqu'à obtenir une note suffisante définie par un seuil de 90 % de la note moyenne des experts. La validation d'un exercice donne accès à l'exercice suivant. Le programme se compose ainsi de 30 exercices répartis en six niveaux de difficulté croissants permettant d'appréhender successivement les gestes de bases, les gestes avancés, les sutures, l'utilisation des énergies, la manipulation du quatrième bras ;
- à la microchirurgie (fig. 8) : les nombreuses similitudes constatées entre la pratique du robot et la microchirurgie ainsi que les résultats de notre étude montrant des scores initiaux améliorés par l'expérience microchirurgicale préalable ont amené à proposer 4-5 heures de microchirurgie dans la formation ;
- à un entraînement sur robot Da Vinci® (fig. 9) : dans un premier temps un entraînement sur modèles inanimés (*dry lab* des chirurgiens américains) comportant des exercices de base et de la chirurgie sur organes *ex-situ*. Ce n'est qu'après avoir prouvé leur maîtrise du robot que les stagiaires passent à la chirurgie sur cochon (*wet lab*), en réalisant des interventions proches de celles qu'ils réaliseront dans leur spécialité. Pour certaines spécialités où le modèle animal est peu réaliste (ORL...), un entraînement sur cadavre est proposé.

L'étape clinique vise à débiter la pratique chirurgicale sur l'humain. Elle s'amorce en fin de DIU où les stagiaires assistent à des interventions de leur spécialité dans les universités partenaires. Cette partie est principalement assurée par la société *Intuitive Surgical* qui dispose d'experts se déplaçant dans les blocs opératoires pour encadrer les premières interventions sur l'humain. Fortement mobilisateur en moyens humains, tout doit être fait pour réduire au maximum ce besoin, par la structuration de la formation préclinique. Comme pour les autres formations médicales de troisième cycle, elle doit être réalisée par des structures habilitées.

La double console disponible sur le robot Da Vinci Si® permet une intervention en double commande comme sur un avion et sera probablement un outil supplémentaire pour l'apprentissage. Aucune étude n'est actuellement disponible sur son intérêt dans l'apprentissage de la robotique.

## Conclusion

Si les implantations de robot chirurgical en Europe continuent à suivre la même courbe qu'aux États-Unis, les besoins en formation robotique vont augmenter de façon exponentielle. L'expérience acquise dans l'apprentissage de la coeliochirurgie permet de progresser plus rapidement dans celui de la robotique, mais une structuration est nécessaire.

Comme dans de multiples domaines où elle est de pratique courante (aéronautique, marine mais aussi d'autres domaines en santé), la simulation est probablement l'avenir de la formation en chirurgie robotique.

Le simulateur de chirurgie robotique dV-Trainer® permet déjà un apprentissage réaliste, à moindre coût, des gestes de base en chirurgie robotique mais ne peut, à l'heure actuelle, constituer à lui seul un programme complet de formation. Des progrès sont également attendus dans le développement de séquences chirurgicales simulées.

Son utilisation pour une future certification doit également être évaluée.

Le DIU de chirurgie robotique, avec son approche multimodale, est une formation innovante, qui sera améliorée par l'expérience internationale, et devra être validée en tant qu'outil pédagogique.

## Références

1. Litynski GS. Profiles in laparoscopy: Mouret, Dubois, and Perissat: the laparoscopic breakthrough in Europe (1987-1988). *JLS* 1999 ; 3 : 163-7.
2. Shea JA, Healey MJ, Berlin JA, Clarke JR, Malet PF, Staroscik RN, et al. Mortality and complications associated with laparoscopic cholecystectomy. A meta-analysis. *Ann Surg* 1996 ; 224 : 609-20.
3. Gurusamy KS, Aggarwal R, Palanivelu L, Davidson BR. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2009 ; 21 : CD00657.
4. Fried GM. FLS assessment of competency using simulated laparoscopic tasks. *J Gastrointest Surg* 2008 ; 12 : 210-2.
5. Hubert J, Feuillu B, Mangin P, Lobontiu A, Artis M, Villemot JP. Laparoscopic computer-assisted pyeloplasty: the results of experimental surgery in pigs. *BJU Int* 2003 ; 92 : 437-40.
6. Guru KA, Kuvshinoff BW, Pavlov-Shapiro S, Bienko MB, Aftab MN, Brady WE, et al. Impact of robotics and laparoscopy on surgical skills: a comparative study. *J Am Coll Surg* 2007 ; 204 : 96-101.
7. Park JS, Choi GS, Lim KH, Jang YS, Jun SH. Robotic-assisted versus laparoscopic surgery for low rectal cancer : case-matched analysis of short-term outcomes. *Ann Surg Oncol* 2010 ; 17 : 3195-202.
8. JP Grany, MC Moll. Rapport de mission : état de l'art en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. HAS. Janvier 2012. [www.has-sante.fr](http://www.has-sante.fr)
9. Rasmussen J. Skills, rules, and knowledge ; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEE Transactions on systems, man, and cybernetics* 1983 ; 13 : 257-66.