



HAL
open science

Formation par la simulation : de quels outils disposons-nous en urologie ? Revue systématique de la littérature

Gaëlle Fiard, Jean-Luc Descotes, Jocelyne Troccaz

► **To cite this version:**

Gaëlle Fiard, Jean-Luc Descotes, Jocelyne Troccaz. Formation par la simulation : de quels outils disposons-nous en urologie ? Revue systématique de la littérature. Progrès en Urologie, 2019, 29, pp.295-311. <10.1016/j.purol.2019.03.003>. <hal-02135872>

HAL Id: hal-02135872

<https://hal.science/hal-02135872v1>

Submitted on 25 Oct 2021

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

Formation par la simulation : de quels outils disposons-nous en urologie ?

Revue systématique de la littérature

Gaëlle Fiard^{1,2}, Jean-Luc Descotes^{1,2}, Jocelyne Troccaz²

1 Service d'urologie, CHU Grenoble-Alpes, CS 10217, 38043 Grenoble Cedex 9

2 Université Grenoble Alpes / CNRS / TIMC-IMAG UMR 5525, F-38041

Auteur correspondant :

Gaëlle Fiard

Service d'urologie

CHU Grenoble-Alpes

CS10217

38043 Grenoble Cedex 9

Gfiard@chu-grenoble.fr

Formation par la simulation : de quels outils disposons-nous en urologie ?

Revue systématique de la littérature

Résumé

Contexte : La formation par la simulation prend une place croissante dans la formation chirurgicale et devient incontournable depuis la réforme du 3^{ème} cycle.

Objectif : L'objectif de ce travail était de faire une mise au point sur les différents outils d'apprentissage par la simulation disponibles dans le domaine de l'urologie ainsi que leur niveau de validation, à l'aide d'une revue systématique de la littérature.

Sources documentaires : Une recherche a été réalisée sur Medline® en utilisant les termes suivants : « urology » et « simulator ». Les travaux en langue anglaise et française ont été retenus.

Sélection des études : Deux-cents-quatre-vingt-onze abstracts ont été lus, permettant de sélectionner 154 articles lus pour évaluer leur éligibilité. Les études dont l'objectif n'était pas la validation d'un simulateur, les études décrivant un modèle animal ou dont le texte intégral n'était pas disponible ont été exclues.

Résultats : Cent-six études ont été analysées pour ce travail de revue. Les simulateurs décrits ont été regroupés dans 7 catégories : simulateurs de chirurgie laparoscopique, de chirurgie robotique, d'urétéroscopie, de chirurgie percutanée du rein, de procédures endoscopiques sur la vessie ou la prostate, de gestes de base en urologie et de procédures échoguidées sur la prostate. La plupart des simulateurs ont fait l'objet

d'études validant leur apparence ou leur contenu. La validation du construit ou a fortiori du transfert des compétences sur patient est manquante dans la majorité des cas.

Limites du travail : Ce travail n'a pas abordé la question de l'évaluation des compétences à l'aide des simulateurs. De plus, la nouvelle nomenclature proposée pour définir les différentes étapes de validation d'un simulateur n'a pas été prise en compte.

Conclusion : Il existe pour l'urologie de nombreux simulateurs permettant de reproduire une grande variété de procédures. Cependant, leur niveau de validation est inconstant et doit être pris en compte à l'heure du choix d'un simulateur, de même que son coût, la propension des étudiants à l'utiliser et sa disponibilité

Abstract

Context: Simulation-based training is taking an increasingly important place in surgical training and is becoming mandatory with the latest reform of the French medical studies.

Objectives: The objectives of this work were to report the various simulation tools available for the surgical training in urology, along with their validation level, through a systematic literature review.

Documentary sources: A search was conducted using Medline® with the terms « urology » and « simulator. Articles in English and French were selected.

Study selection: Two hundred and ninety-one abstracts were read, allowing for the selection of 154 articles read to assess their eligibility. Studies whose main objective was not the validation of a simulator, studies describing animal models or studies whose full text was not available were excluded.

Results: One hundred and six studies were analyzed in this review. The simulators described were classified in 7 categories: laparoscopic surgery, robotic surgery,

ureteroscopy, percutaneous nephrolithotomy, endoscopic bladder and prostate surgery, basic skills in urology, and ultrasound-guided prostate interventions simulators. Apparent and content validity were demonstrated for most simulators, but construct and predictive validity were often lacking.

Limitations: We did not consider the use of simulators as competency evaluation tools. Besides, the latest terminology proposed to define the various validation steps was not taken into account.

Conclusion: Many simulators are available in the field of urology and allow the reproduction of a large variety of urological procedures. However, their validation level is inconsistent, and has to be taken into account when choosing a simulator for surgical training, along with its cost, the eagerness of students to use the simulator and its availability.

1. Introduction

La formation par la simulation, incontournable dans l'aéronautique, prend une place croissante dans la formation chirurgicale. Elle peut intervenir à plusieurs niveaux : formation initiale, évaluation des compétences, certification. La réforme du 3ème cycle prévoit ainsi l'élaboration d'un cursus de formation par simulation, sur le même plan que la formation théorique et pratique au bloc opératoire [1]. L'objectif proposé par le rapport de la HAS en 2012 « jamais la première fois sur le patient » suppose cependant de disposer d'outils de formation couvrant l'intégralité des champs d'apprentissage de l'urologie, et que ces outils aient été validés [2]. [Plusieurs revues publiées dans la littérature anglophone ont permis de décrire et de rapporter les travaux de validation de simulateurs de chirurgie robotique, de procédures endourologiques ou encore de chirurgie prostatique \[3-5\]. Le travail de revue d'Aydin et al. en 2016 permettait d'exposer les différents simulateurs disponibles et leur niveau de validation, qui restait](#)

souvent limité, dans le domaine de l'urologie [6]. L'objectif de ce travail était de faire une mise au point, dans un domaine en rapide évolution, sur les différents outils d'apprentissage par la simulation actuellement disponibles dans le domaine de l'urologie, leur niveau de validation et leur coût, à l'aide d'une revue systématique de la littérature.

2. Méthodes

Une revue systématique de la littérature a été réalisée sur PubMed en 2018 avec les termes suivants : « simulator » et « urology ».

Le processus de sélection des articles, réalisé selon les recommandations PRISMA, est détaillé dans la **Figure 1**. Étaient retenus les articles en langue anglaise ou française, dont le format était un article original. Les articles qui décrivaient une modalité de formation non basée sur la simulation (modèle cadavérique, animal vivant) étaient exclus.

Après une première sélection, les textes entiers correspondant aux abstracts retenus ont été lus, et les articles utilisant un simulateur pour étudier un concept autre que l'enseignement (par exemple, influence du manque de sommeil sur les performances chirurgicales), ont également été exclus. [La liste des études retenues est disponible en Annexe.](#)

3. Résultats

3.1. Classification des simulateurs

La classification des simulateurs utilisée dans cette revue est la suivante :

1. Les simulateurs utilisant des tissus d'origine animale (appelés aussi « wet lab ») : les structures ou organes manipulés pour l'apprentissage d'une tâche ou d'une procédure sont d'origine animale. On peut ainsi voir utiliser des modèles variés comme la peau de poulet, le tractus urinaire de porc, etc.

2. Les simulateurs utilisant des modèles inanimés (appelés aussi « dry lab ») : les structures ou organes manipulés pour l'apprentissage d'une tâche ou d'une procédure sont réalisés dans des composants variés à base de plastiques, silicone et gélatine, pouvant être disponibles dans le commerce ou de fabrication artisanale.

3. Les simulateurs utilisant la réalité virtuelle : les structures ou organes manipulés pour l'apprentissage d'une tâche ou d'une procédure sont modélisés de manière informatique, ainsi que les interactions avec l'utilisateur (déformations, saignement, etc.). L'interface permet à l'utilisateur de manipuler les organes et structures avec un retour visuel et parfois haptique (retour de force).

3.2. Validation des simulateurs

Les études rapportant les travaux de validation d'un simulateur ont utilisé la classification décrite par McDougall et al. en 2007[7]. Celle-ci est présentée dans le **Tableau 1**.

3.3. Simulateurs chirurgicaux en urologie

La revue de la littérature a permis de regrouper les simulateurs en 7 catégories selon les procédures simulées. Le **Tableau 2** présente ces 7 catégories et le nombre d'études publiées correspondantes.

3.3.1. Simulateurs de chirurgie laparoscopique

La chirurgie laparoscopique, du fait de ses particularités et de l'innovation de rupture qu'elle a apportée par rapport à la chirurgie ouverte, a été l'occasion du développement de nombreux simulateurs. Les spécificités de cette chirurgie, nécessitant d'opérer en regardant un écran, sans vision en 3 dimensions, dont les gestes sont limités

et inversés du fait de l'effet pivot des trocars, peuvent être parfaitement reproduites à l'aide de modèles inanimés.

L'exemple le plus courant en est le pelvitainer, « boîte » dans laquelle sont insérés des trocars, une caméra et divers exercices permettant de s'entraîner à des tâches basiques comme la suture ou la manipulation d'objets. Ces tâches de base peuvent être regroupées en cursus. Les fondamentaux en chirurgie laparoscopique (FLS) suivis des bases pour la chirurgie laparoscopique urologique (BLUS) sont 2 modèles de cursus validés comprenant des exercices standardisés reproduits par des modèles inanimés [8, 9]. Le modèle MISTELS (McGill Inanimate System for the Training and Evaluation of Laparoscopic Skill) est un autre exemple de cursus sur pelvitainer [10].

Ces simulateurs basse-fidélité, dont certains ont été validés pour la chirurgie laparoscopique urologique, ont ensuite été rejoints par des modèles plus sophistiqués. Ces derniers permettent de pratiquer des gestes de base mais aussi des étapes ou l'intégralité de procédures chirurgicales, notamment grâce à l'apport de la réalité virtuelle.

Le **Tableau 3** résume les études de validation de ces simulateurs de chirurgie laparoscopique. Lorsqu'une étude de la validité concurrente ou prédictive a été réalisée, le modèle utilisé en tant que comparateur est précisé.

3.3.2. Simulateurs de chirurgie robotique

La chirurgie robotique du fait de ses particularités (absence de retour d'effort, travail dans un espace restreint, vision en 3 dimensions, nécessité de prise en main de la console) se prête parfaitement à un apprentissage par la simulation.

Différents simulateurs ont été développés. L'architecture du robot DaVinci a favorisé le développement de simulateurs utilisant la réalité virtuelle, et la pratique de certaines tâches peut être réalisée en utilisant le robot lui-même à l'aide d'exercices standardisés sur modèles inanimés (dry lab).

Les exercices peuvent consister en des tâches précises (suture, coagulation, manipulation d'aiguille), mimer une partie (anastomose vésico-urétrale par exemple) ou l'intégralité d'une procédure. Ils peuvent être réalisés séparément ou enchaînés selon un cursus de formation.

La plupart de ces simulateurs ont été commercialisés sans publication de travaux présentant leur développement. Leur commercialisation a fourni en revanche l'opportunité de nombreux travaux de validation.

Le logiciel développé lors de la conception du DV-trainer (Mimic Technologies) a été acheté par Intuitive Surgical et intégré au simulateur dVSS qui se présente comme un module ajouté à la console du robot (**Figure 2**). Il s'agit donc du même environnement logiciel, seule la partie matérielle est différente. [Le simulateur XTT \(Xperience Team Training, Mimic Technologies\)](#) permet de simuler la collaboration nécessaire entre l'opérateur à la console et l'aide opératoire (**Figure 3**).

Le contenu pédagogique des différents simulateurs regroupe plusieurs exercices permettant de travailler divers aspects des gestes de base en chirurgie robotique (manipulation d'objets, utilisation de la pédale permettant de manipuler la caméra, coagulation, etc.). Ils permettent aussi de pratiquer des tâches précises (suture, anastomose vésico-urétrale), et offrent parfois la possibilité de simuler des procédures entières. Les exercices peuvent être regroupés en modules thématiques. En l'absence de réel parcours pédagogique prédéfini, le choix et l'enchaînement des différents exercices sont souvent choisis par l'enseignant qui détermine alors un cursus de formation regroupant des exercices issus des différents modules.

Le **Tableau 4** résume les simulateurs de chirurgie robotique rapportés dans la littérature ainsi que leur niveau de validation. Lorsqu'une étude de la validité concurrente ou prédictive a été réalisée, le modèle utilisé en tant que comparateur est également précisé.

3.3.3. Simulateurs d'urétéroscopie

La voie d'abord endoscopique est une spécificité propre à l'urologie et a également fait l'objet du développement de simulateurs. Leur intérêt est de permettre la manipulation du matériel, très varié et au maniement parfois complexe, notamment les endoscopes souples, dont l'apprentissage sur le patient est chronophage. Le recours à la scopie source d'irradiation du patient et de l'urologue est une autre motivation pour s'entraîner aux différentes procédures en dehors du bloc opératoire. Divers simulateurs

ont ainsi été développés, décrits et validés dans la littérature. Ils sont présentés dans le **Tableau 5**.

3.3.4. Simulateurs de chirurgie percutanée du rein

L'enseignement de la chirurgie percutanée du rein, et notamment de la ponction calicielle, est de plus en plus difficile pour plusieurs raisons. La diffusion de l'urétéroscopie souple a réduit le nombre d'indications et donc les occasions de formation. La surspécialisation des urologues a permis d'adresser les patients à des équipes spécialisées, tandis que d'autres ne pratiquent jamais ou très occasionnellement cette chirurgie. Enfin les enjeux importants liés à la qualité de la ponction, notamment en termes de complications post-opératoires (saignement, fistule) rendent ce temps difficile à confier à un non-expert, même sous supervision. Plusieurs modèles ont ainsi été développés pour pallier à ces difficultés, ils sont présentés dans le **Tableau 6**. [Un exemple de simulateur, le PERC Mentor \(3DSystems/Simbionix\) est présenté dans la Figure 4.](#)

3.3.5. Simulateurs de chirurgie endoscopique de la vessie et la prostate

La chirurgie endoscopique de la vessie (résection trans-urétrale de vessie, biopsies de vessie) et de la prostate (résection trans-urétrale de prostate, vaporisation prostatique au laser, énucléation prostatique) nécessite en prérequis l'apprentissage du maniement de l'endoscope, du matériel, et la gestion des entrées et sorties du courant d'irrigation. Ces prérequis, ainsi que les spécificités et techniques propres à chaque intervention, peuvent être enseignés sur simulateur. Les modèles existants ayant fait l'objet d'études de validation sont présentés dans le **Tableau 7**.

3.3.6. Simulateurs reproduisant les gestes de base en urologie

Les gestes de base, tels que la mise en place d'une sonde urinaire, d'un cathéter sus-pubien, la réalisation d'une cystoscopie ou la mise en place d'une sonde JJ, ont également été à l'origine du développement de simulateurs, permettant leur acquisition

ou leur perfectionnement avant de les pratiquer sur un patient. Les dispositifs ayant fait l'objet de publications et d'études de validation sont présentés dans le **Tableau 8**.

3.3.7. Simulateurs d'interventions échoguidées sur la prostate

Les interventions échoguidées sur la prostate ont en commun le guidage au sein de la prostate par l'imagerie échographique. Ce repérage au sein de la glande nécessite un apprentissage (coordination main-œil, création d'un schéma mental de la prostate, repérage gauche-droite et base-apex) qui peut être facilité par l'apport de la simulation (**Figure 5**). Le **Tableau 9** présente les modèles disponibles ainsi que leur niveau de validation.

3.3.8. Coût des différents simulateurs

Outre leur niveau de réalisme et de validation, le coût des différents simulateurs est un élément important lors de la décision d'investir dans un outil pédagogique. Les coûts de certains outils non commercialisés, ou dont la commercialisation a été interrompue ne sont pas disponibles. Pour les autres, un ordre de grandeur du prix du dispositif était fréquemment rapporté dans la littérature, et certaines données ont pu être complétées en contactant directement les industriels ou distributeurs des simulateurs.

Les simulateurs utilisant la réalité virtuelle, simulateurs haute-fidélité, sont les plus coûteux, et doit être rajouté à leur prix d'achat le coût de la maintenance nécessaire à la mise à jour des logiciels. En revanche, un même simulateur peut simuler plusieurs procédures de même nature (par exemple urétéroscopie et chirurgie percutanée du rein pour l'URO-PERC Mentor). Leur prix peut ainsi varier du simple au double selon les modules additionnels éventuellement choisis.

Les modèles utilisant des tissus animaux ou inanimés sont moins coûteux, mais à leur prix doit s'ajouter le matériel chirurgical généralement nécessaire à leur utilisation (endoscopes, irrigation, instruments, colonne vidéo avec source de lumière froide, etc.), et le coût est multiplié à chaque utilisation nécessitant du matériel ou un modèle consommable. Enfin, l'immobilisation de ressources et l'accessibilité au simulateur (par exemple pour le dVSS nécessitant l'utilisation de la console du robot) doivent également

être pris en compte. Le **Tableau 10** donne un ordre de grandeur du coût de différents dispositifs cités dans cette revue.

4. Discussion

Les outils permettant une formation par simulation en urologie décrits dans la littérature sont nombreux et permettent de couvrir de nombreux aspects de la formation urologique. En revanche, lorsqu'on s'intéresse à leur niveau de validation, on constate que la littérature s'appauvrit et que la plupart des simulateurs, lorsqu'ils ont bénéficié d'études de leur validité intrinsèque (apparence, contenu, construit), sont beaucoup moins nombreux à avoir fait l'objet de travaux validant le transfert des compétences acquises en situation réelle.

Ceci se justifie par la relative simplicité à mettre en place des études évaluant le simulateur lui-même, parfois avec de très nombreux utilisateurs lorsque les simulateurs sont testés à l'occasion d'évènements nationaux voire internationaux (congrès médicaux, journées de formation, etc.). Au contraire, mettre en place une étude validant le transfert des compétences suppose, en plus de la validation intrinsèque de l'outil étudié, la conception d'une étude prospective, souvent randomisée, et la définition d'un comparateur mimant la situation réelle lorsqu'il n'est éthiquement pas possible que le geste soit réalisé sur patient. Certains travaux validant le transfert des compétences acquises sur des simulateurs n'ayant pas été validés en terme d'apparence, contenu ou construit posent également la question de la reproductibilité des résultats obtenus.

Une question qui découle de cette revue est celle du choix d'un simulateur par rapport à un autre. Les simulateurs utilisant la réalité virtuelle, beaucoup plus coûteux, sont-ils supérieurs en termes d'apprentissage aux simulateurs dits « basse-fidélité », reproduisant à moindre coût un geste ou une technique à l'aide de modèles issus de l'impression 3D, du prototypage rapide ou des tissus animaux? Dans une étude randomisée comparant l'apprentissage de la suture laparoscopique sur simulateur utilisant la réalité virtuelle (LAP Mentor, Simbionix) versus pelvitainer, les scores OSATS obtenus lors de la réalisation d'une cystorraphie (suture permettant de fermer la vessie) laparoscopique sur tissus porcins n'étaient pas significativement différents entre

les 2 modalités d'apprentissage [11]. Cependant, le manque puissance de l'étude ne permet pas de conclure à une absence de différence, et les étudiants n'ayant pas été amenés à essayer le simulateur de l'autre bras, n'ont pas été à même de donner leur préférence.

En l'absence d'étude de bon niveau de preuve permettant une comparaison directe des 2 modèles, quelques éléments peuvent être notés pour alimenter la réflexion. Le nombre d'études de validation intrinsèque des simulateurs utilisant la réalité virtuelle en comparaison des modèles inanimés plaide pour une propension des étudiants, de plus en plus à l'aise vis à vis des outils numériques et des nouvelles technologies, à utiliser ce type de simulateurs plutôt que des modèles « faits maison » à l'apparence parfois moins ludique. Les résultats pédagogiques obtenus par ce type de simulateurs ont l'avantage de leur reproductibilité, à l'inverse de certains outils qui ne sont pas produits à grande-échelle. Pour autant, pour l'acquisition des gestes de base, notamment en laparoscopie, l'utilisation de modèles inanimés dans un pelvitruainer classique a fait ses preuves en termes de transfert des compétences [12].

Pour la reproduction de procédures plus complexes, et notamment en chirurgie robotique, le recours aux simulateurs plus sophistiqués est aujourd'hui incontournable, et un élément pouvant orienter le choix est alors la disponibilité du simulateur. Une comparaison directe de 3 simulateurs validés pour la chirurgie robotique (dVSS, utilisant la console du robot, dV-Trainer et ROBOTIX Mentor, simulateurs autonomes) a été réalisée par Hertz *et al.* [13]. Celle-ci ne montre pas de différence significative entre les 3 simulateurs en termes d'apparence et de contenu, malgré des scores légèrement supérieurs pour le dVSS. Ce dernier simulateur qui se rapproche le plus des conditions réelles (car utilisant la console du robot) n'est en revanche accessible qu'en dehors des heures d'utilisation du robot. Son accès est donc plus difficile pour les étudiants et il est moins pertinent d'installer le dVSS au sein d'une salle de simulation en dehors du bloc opératoire. Ces éléments de préférence par rapport à la disponibilité ont également été soulignés dans l'étude de Mishra *et al.* comparant le PERC Mentor au modèle porcin pour l'apprentissage de la chirurgie percutanée du rein [14].

Ce dernier exemple permet de soulever la question du choix des procédures à enseigner lors de l'achat d'un simulateur. Si l'intérêt médico-économique de la formation par simulation à la chirurgie robotique est certain, il peut apparaître moins évident pour des procédures d'indication plus rare, comme la chirurgie percutanée, ou semblant moins complexes, comme la cystoscopie, l'urétéroscopie ou encore les biopsies prostatiques [15]. Pour autant, les conséquences d'un apprentissage insuffisant de ces techniques peuvent également être non négligeables : non-respect des recommandations par absence de maîtrise de la technique, perte de chance pour le patient en l'absence de diagnostic d'un cancer de la prostate, augmentation de la durée opératoire liée à un aide non formé, etc. En l'absence d'obligation légale, c'est probablement la diminution du coût des simulateurs et la mutualisation des ressources qui permettront l'accès de tous les étudiants à la plupart des outils de formation. Enfin, le manque voire l'absence de simulateur disponible pour les procédures chirurgicales par voie ouverte interpelle vis-à-vis de l'objectif éthique proposé par la HAS [2]. Le compagnonnage permettant l'enseignement de ces procédures reste le gold-standard. Pour autant, ce dernier expose le patient à la courbe d'apprentissage de l'apprenant, contrairement aux procédures mini-invasives où la simulation permet une première approche de la technique, que ce soit dans le cadre de la formation initiale ou pour l'apprentissage de nouvelles techniques dans le cadre de la formation continue. En pratique, les modèles animaux et cadavériques, permettent en partie de pallier ce manque, au prix d'un coût important, d'une accessibilité inconstante et, là encore, d'une validation absente pour la plupart des procédures urologiques.

La disponibilité des simulateurs est un élément important, mais n'est cependant pas une garantie de leur utilisation. Dans une enquête réalisée en 2013 auprès de 127 urologues en formation, 72% d'entre eux avaient accès à un pelvitainer, parmi lesquels 83% ne l'utilisaient jamais ou moins d'une fois par mois [16]. Trente pour cents avaient accès à un simulateur utilisant la réalité virtuelle, et moins de 10% à plusieurs simulateurs. Seuls 2% des répondants déclaraient s'entraîner régulièrement sur simulateur avant de pratiquer un geste sur un patient pour la première fois. La réforme du 3^{ème} cycle des études médicales, qui rend obligatoire (à moyens constants) l'incorporation de la simulation dans le cursus des internes en chirurgie, devrait toutefois permettre une meilleure utilisation des simulateurs disponibles [1].

Ce travail de revue comporte des limites, la principale reposant sur le choix d'exclure les travaux ne comportant pas d'étude de validation, et notamment de nombreuses études rapportant des résultats d'évaluation des étudiants sur simulateur. Or, cet aspect d'évaluation est très important puisqu'il s'agit d'un autre objectif des simulateurs : permettre d'évaluer les compétences d'un étudiant avant qu'il ne réalise un geste sur un patient, de monitorer sa progression, puis à terme d'envisager une certification et même une re-certification lorsqu'il aura achevé sa formation. Néanmoins, un prérequis indispensable pour envisager d'évaluer un étudiant sur simulateur est que ce simulateur ait fait la preuve de sa validité prédictive. Cette preuve étant manquante pour une majorité des outils cités dans ce travail, nous avons préféré exclure de nos résultats les études d'évaluation des performances en découlant.

De plus, l'utilisation de la terminologie des différentes validités d'un simulateur publiée par McDougall en 2007 peut faire l'objet d'une discussion [7]. Cette classification a en effet fait l'objet d'une mise à jour récente qui va amener à modifier la nomenclature des travaux futurs [17] [18]. Pour l'heure, la totalité des travaux publiés étant encore basés sur l'ancienne terminologie, nous avons fait le choix d'utiliser cette dernière. Enfin, le choix du terme « simulator » plutôt que « simulation » lors de la recherche bibliographique, qui permettait une recherche plus ciblée que l'utilisation du terme « simulation », a pu être à l'origine de l'omission de certains articles n'utilisant pas dans leur résumé le terme « simulator ».

5. Conclusion

Cette revue de la littérature a permis de recenser et décrire de nombreux outils permettant l'enseignement par la simulation de la chirurgie laparoscopique, robotique, de l'urétéroscopie, de la chirurgie percutanée, des gestes de résection endoscopiques de la vessie ou de la prostate, des interventions échoguidées sur la prostate, ou encore des gestes de base en urologie. Les différents outils en fonction de leur degré de sophistication permettent l'enseignement de tâches isolées ou de procédures entières. Alors que la plupart des outils décrits dans cette revue ont fait l'objet d'études visant à démontrer leur validité intrinsèque, le transfert des compétences sur le patient est très

rarement démontré. A l'heure du choix d'un simulateur pour la formation des étudiants, le coût des différents simulateurs doit bien sûr être pris en compte, mais leur niveau de validation, la propension des étudiants à l'utiliser et leur disponibilité doivent également être considérés. La pertinence de l'utilisation de ces simulateurs pour l'évaluation des étudiants pourrait faire l'objet d'un travail ultérieur.

Annexe

Liste des études retenues dans la revue de la littérature

Références

- [1] Arrêté du 21 avril 2017 relatif aux connaissances, aux compétences et aux maquettes de formation des diplômés d'études spécialisées et fixant la liste de ces diplômés et des options et formations spécialisées transversales du troisième cycle des études de médecine.
- [2] Haute Autorité de Santé. Rapport de mission. Etat de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé.
- [3] [Moglia A, Ferrari V, Morelli L, et al. A Systematic Review of Virtual Reality Simulators for Robot-assisted Surgery. *Eur Urol* 2016; 69: 1065–1080.](#)
- [4] [Schout BMA, Hendrikx AJM, Scherpbier AJJA, et al. Update on Training Models in Endourology: A Qualitative Systematic Review of the Literature between January 1980 and April 2008. *Eur Urol* 2008; 54: 1247–1261.](#)
- [5] [Khan R, Aydin A, Khan MS, et al. Simulation-based training for prostate surgery. *BJU Int* 2015; 116: 665–674.](#)
- [6] [Aydin A, Shafi AMA, Shamim Khan M, et al. Current Status of Simulation and Training Models in Urological Surgery: A Systematic Review. *J Urol* 2016; 196: 312–320.](#)
- [7] [McDougall EM. Validation of surgical simulators. *J Endourol* 2007; 21: 244–247.](#)
- [8] [McCluney AL, Vassiliou MC, Kaneva PA, et al. FLS simulator performance predicts intraoperative laparoscopic skill. *Surg Endosc* 2007; 21: 1991–1995.](#)
- [9] [Mandava SH, Liu J, Maddox MM, et al. Stratification of Expert vs Novice Laparoscopists Using the Basic Laparoscopic Urologic Surgery \(BLUS\) Curriculum at a Single Institution. *J Surg Educ* 2015; 72: 964–968.](#)

- [10] Dauster B, Steinberg AP, Vassiliou MC, et al. Validity of the MISTELS simulator for laparoscopy training in urology. *J Endourol* 2005; 19: 541–545.
- [11] McDougall EM, Kolla SB, Santos RT, et al. Preliminary study of virtual reality and model simulation for learning laparoscopic suturing skills. *J Urol* 2009; 182: 1018–1025.
- [12] Verdaasdonk EGG, Dankelman J, Lange JF, et al. Transfer validity of laparoscopic knot-tying training on a VR simulator to a realistic environment: a randomized controlled trial. *Surg Endosc* 2008; 22: 1636–1642.
- [13] Hertz AM, George EI, Vaccaro CM, et al. Head-to-Head Comparison of Three Virtual-Reality Robotic Surgery Simulators. *JSLs*; 22. Epub ahead of print March 2018. DOI: 10.4293/JSLs.2017.00081.
- [14] Mishra S, Kurien A, Ganpule A, et al. Percutaneous renal access training: content validation comparison between a live porcine and a virtual reality (VR) simulation model. *BJU Int* 2010; 106: 1753–1756.
- [15] Rehman S, Raza SJ, Stegemann AP, et al. Simulation-based robot-assisted surgical training: A health economic evaluation. *Int J Surg* 2013; 11: 841–6.
- [16] Fiard G, Capon G, Rizk J, et al. Évaluation de l'utilisation de la simulation dans la formation des jeunes urologues français : une enquête de l'association française des urologues en formation (AFUF). *Prog Urol* 2014; 24: 390–396.
- [17] Noureldin YA, Lee JY, McDougall EM, et al. Competency-Based Training and Simulation: Making a 'Valid' Argument. *J Endourol* 2018; 32: 84–93.
- [18] [Noureldin YA, Sweet RM. A Call for a Shift in Theory and Terminology for Validation Studies in Urological Education. *J Urol* 2018; 199: 617–620.](#)

Légendes

Figure 1. Processus de sélection des articles

Figure 2. Simulateur de chirurgie robotique DaVinci Skills Simulator (DVSS)

Figure 3. Simulateur Xperience Team Training (XTT)

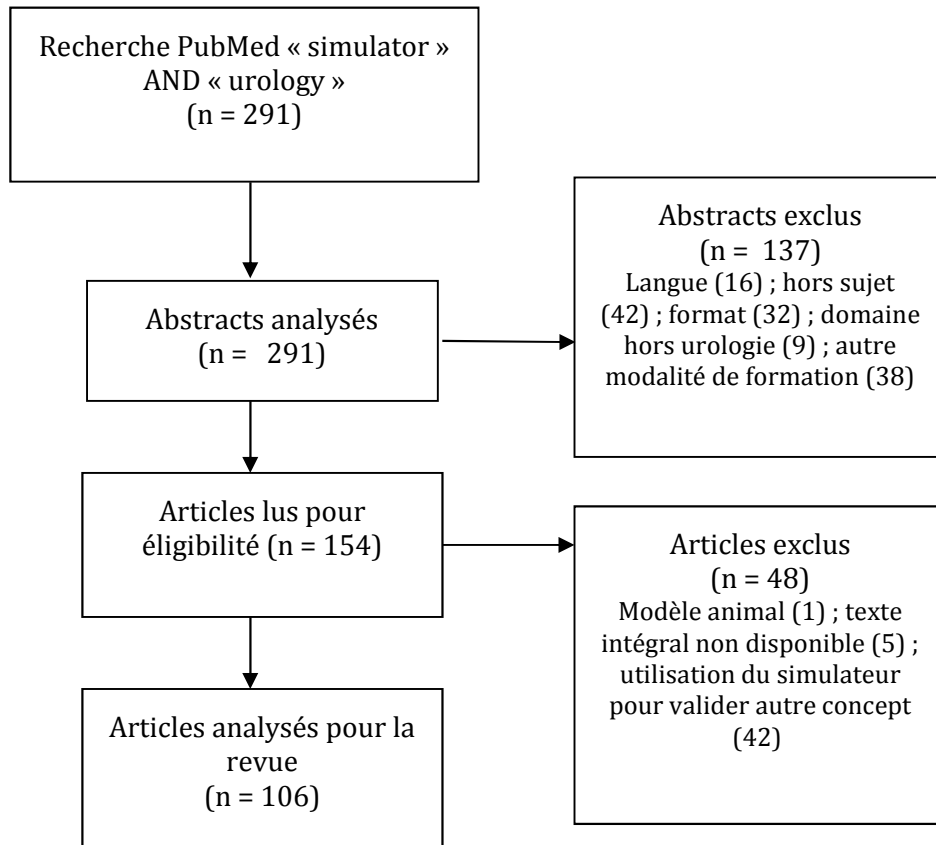
Figure 4. Simulateur de chirurgie percutanée PERC Mentor

Figure 5. Simulateur de biopsies prostatiques Biopsym

Recherche

Éligibilité

Sélection







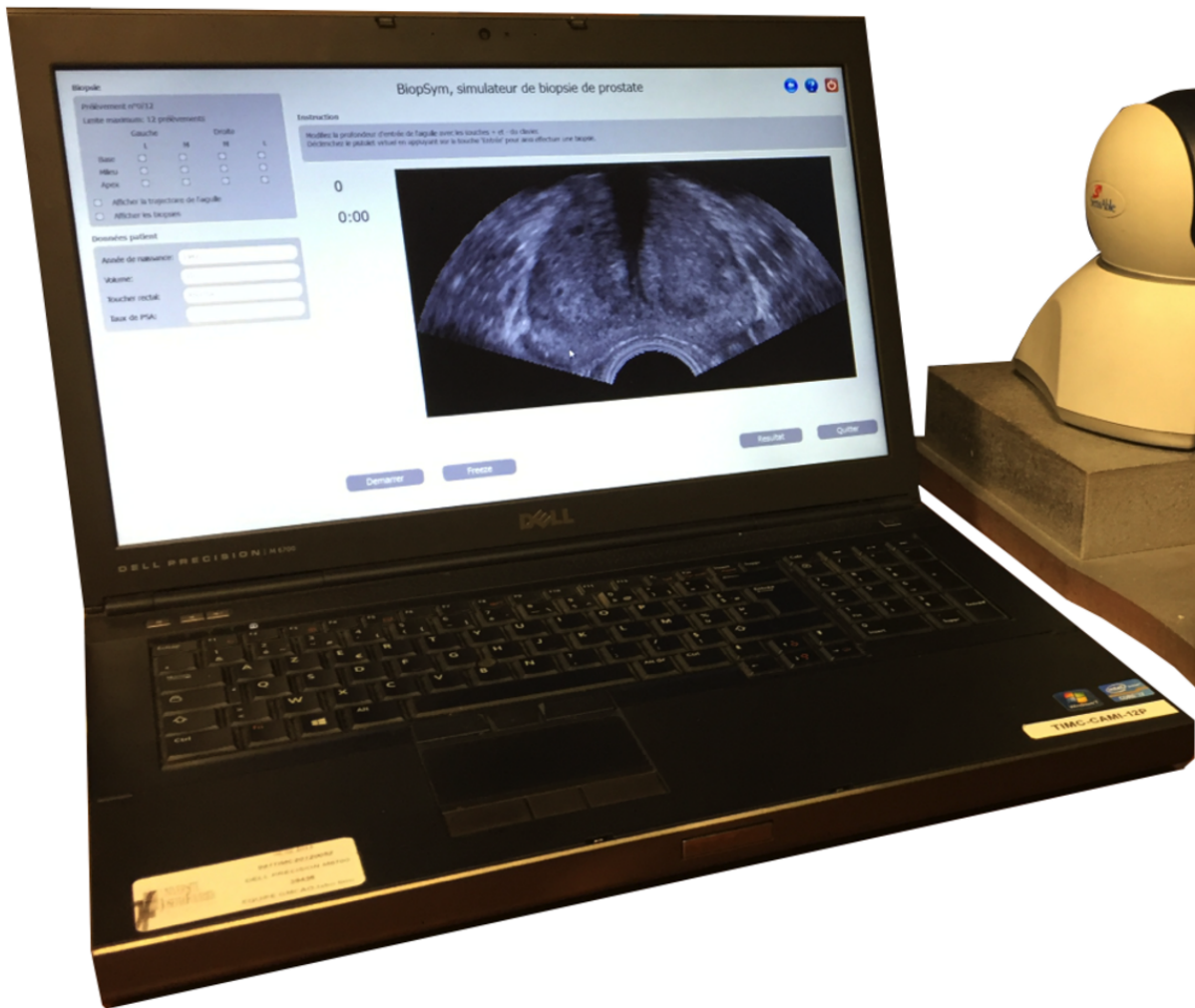
mimic

mimic

NER
by mimic







Étapes de validation subjectives	
Validité apparente	Le simulateur semble-t-il enseigner ce qu'il est supposé enseigner (jugé par des novices) ?
Validité de contenu	Le simulateur enseigne-t-il ce qu'il est supposé enseigner (jugé par des experts) ?
Étapes de validation objectives	
Validité intrinsèque/fiabilité	Une même performance sur le simulateur donne-t-elle toujours le même résultat ?
Validité de construit	Le simulateur est-il capable de discriminer les novices et les experts ?
Validité concurrente	Les résultats obtenus sur le simulateur sont-ils corrélés aux résultats mesurés sur un autre modèle validé ?
Validité prédictive	Les compétences acquises sur le simulateur sont-elles transférables en situation réelle ?

Procédure simulée	Nombre études
Chirurgie robotique	32
Chirurgie laparoscopique	23
Chirurgie endoscopique de la vessie et la prostate	18
Urétéroscopie	16
Chirurgie percutanée du rein	7
Gestes de base : cystoscopie, pose de sonde JJ, cathéter sus-pubien	6
Interventions échoguidées sur la prostate	4

Auteur	Année	Nombre sujets (Novices-Interm-Experts)	Exercices ou procédure simulés	Validités démontrées					Evaluation ou comparateur
				A	Ct	Cs	Cc	P	
Simulateurs utilisant la réalité virtuelle									
LapSim (Surgical Science)									
Kovac <i>et al.</i>	2012	15	Cursus 3 exercices			<input type="checkbox"/>			
Alwaal <i>et al.</i>	2015	12	Cursus 3 exercices					<input type="checkbox"/>	
LAP Mentor (3D Systems/Simbionix)									
McDougall <i>et al.</i>	2006	103	Cursus 9 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Matsuda <i>et al.</i>	2012	92 (25-33-34)	Cursus 6 exercices			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Procédures laparoscopiques intégrales filmées (néphrectomie ou surrénalectomie)
Procedicus MIST-VR simulateur de néphrectomie (Mentice)									
Wijn <i>et al.</i>	2010	64 (22-32-10)	Dissection hile rénal + application clips	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Brewin <i>et al.</i>	2010	28 (10-10-8)	Néphrectomie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Immersion Lap-VR (Immersion Medical)									
Da Cruz <i>et al.</i>	2010	15	Cursus 4 exercices +/- cholecystectomie				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cholecystectomie sur modèle animal
SIMENDO Virtual-Reality Simulator (DeltaTech)									
Verdaasdonk <i>et al.</i>	2006	75 (39-0-36)	Cursus 4 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Pelvitainer
Verdaasdonk <i>et al.</i>	2007	61	Cursus 6 exercices			<input type="checkbox"/>			
Verdaasdonk <i>et al.</i>	2008	20	Nœud intracorporel					<input type="checkbox"/>	Nœud intracorporel sur modèle animal
Modèles utilisant des tissus animaux									
Yang <i>et al.</i>	2010	5	Pyéloplastie (vessie natatoire de carpe + uretère de porc)					<input type="checkbox"/>	Procédures intégrales filmées (pyéloplastie)
Perez-Duarte <i>et al.</i> (SIMULAP)	2014	16	Anastomose urétero-vésicale (vessie + prostate de porc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Modèles inanimés									
Dauster <i>et al.</i> (MISTELS)	2005	17(9-0-8)	Cursus 5 exercices (FLS)			<input type="checkbox"/>			
Hruby <i>et al.</i> (EZ trainer)	2007	42	Exercices gestes élémentaires	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Singh <i>et al.</i> (i-Sim, iSurgicals)	2008	51	Exercices gestes élémentaires	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Hasson (Surgical SIM LTS, METI)	2008	124	Cursus 6 exercices			<input type="checkbox"/>			
Cheung <i>et al.</i>	2014	27	Pyéloplastie pédiatrique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Mandava <i>et al.</i>	2015	28 (10-9-9)	Cursus 4 exercices (BLUS)			<input type="checkbox"/>			
Millan <i>et al.</i>	2018	34	Réimplanta- tion urétéro- vésicale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Auteur	Année	Nombre sujets (Novices-Interm-Experts)	Exercices ou procédure simulés	Validités démontrées					Evaluation ou comparateur
				A	Ct	Cs	Cc	P	
Simulateurs utilisant la réalité virtuelle									
dV-trainer (Mimic Technologies)									
Lendvay <i>et al.</i>	2008	15 (11-0-4)	Transfert d'anneaux	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Sethi <i>et al.</i>	2009	20 (15-0-5)	Cursus 3 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Kenney <i>et al.</i>	2009	26 (19-0-7)	Cursus 4 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Lee <i>et al.</i>	2012	20 (13-0-7)	Cursus 4 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Robot DaVinci modèle inanimé
Liss <i>et al.</i>	2012	32	Anastomose vésico-urétrale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Kang <i>et al.</i>	2014	20 (10-0-10)	Anastomose vésico-urétrale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
dVSS (Intuitive Surgical)									
Hung <i>et al.</i>	2011	63 (16-32-15)	Cursus 10 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Hung <i>et al.</i>	2012	24 (24-0-0)	Cursus 17 exercices 8-10 semaines				<input type="checkbox"/>		Robot DaVinci tissus d'origine animale
Kelly <i>et al.</i>	2012	38 (19-9-10)	Cursus 5 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Finnegan <i>et al.</i>	2012	39 (18-8-13)	Cursus 24 exercices			<input type="checkbox"/>			
Liss <i>et al.</i>	2012	32	Anastomose vésico-urétrale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Lyons <i>et al.</i>	2013	46 (25-8-23)	Cursus 8 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Alzahrani <i>et al.</i>	2013	48 (30-12-6)	Cursus 9 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Foell <i>et al.</i>	2013	53 (41-7-5)	Cursus 7 exercices 4 semaines	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Robot DaVinci modèle inanimé
Kim <i>et al.</i>	2015	11	Anastomose vésico-urétrale				<input type="checkbox"/>		Robot DaVinci tissus d'origine animale
Song <i>et al.</i>	2016	10 (10-0-0)	Cursus 10 exercices				<input type="checkbox"/>		Robot DaVinci Modèle inanimé
Aghazadeh <i>et al.</i>	2016	21 (17-0-4)	Cursus 8 exercices				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Robot DaVinci prostatectomie radicale
Phe <i>et al.</i>	2017	39	Cursus 7 exercices				<input type="checkbox"/>		Robot DaVinci Modèle inanimé
RoSS (Simulated Surgical Systems)									
Seixas-Mikelus <i>et al.</i>	2010	30 (6-0-24)	Cursus 2 modules	<input type="checkbox"/>					
Seixas-Mikelus <i>et al.</i>	2011	42 (11-0-31)	Cursus 4 modules		<input type="checkbox"/>				
Stegemann <i>et al.</i>	2013	53 (53-0-0)	Cursus 4 modules (16 tâches)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		Robot DaVinci Modèle inanimé
Raza <i>et al.</i>	2014	61 (49-0-12)	Cursus 4 modules			<input type="checkbox"/>			
Robotix Mentor (Simbionix)									

Whittaker <i>et al.</i>	2016	46 (20-15-11)	Cursus 2 modules (9 tâches)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Xperience Team training (Mimic technologies)									
Xu <i>et al.</i>	2016	28	Cursus 4 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
SEP (Simsurgery Educational Platform) robotic simulator									
Gavazzi <i>et al.</i>	2011	30 (18-0-12)	2 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Modèles utilisant des tissus animaux									
Alemezaffar <i>et al.</i>	2014	20 (10-0-10)	Prostatectomie radicale (appareil génito-urinaire de porc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Modèles inanimés									
Jonsson <i>et al.</i>	2011	24 (19-0-5)	Cursus 4 exercices			<input type="checkbox"/>			Robot DaVinci + simulateur ProMIS
Ramos <i>et al.</i>	2014	36 (24-0-12)	Cursus 3 exercices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Robot DaVinci + modèles inanimés

Auteur	An-née	Nombre sujets (Novices-Interm-Experts)	Exercices ou procédure simulés	Validités démontrées					Evaluation ou comparateur
				A	Ct	Cs	Cc	P	
Simulateurs utilisant la réalité virtuelle									
URO Mentor (3D Systems/Simbionix)									
Ogan <i>et al.</i>	2004	32	Urétéroscopie souple					<input type="checkbox"/>	Urétéroscopie souple sur sujet anatomique
Knoll <i>et al.</i>	2005	20	Urétéroscopie souple			<input type="checkbox"/>			
Chou <i>et al.</i>	2006	16	Urétéroscopie souple				<input type="checkbox"/>		Urétéroscopie souple sur tissus animaux (uretère+rein de porc)
Dolmans <i>et al.</i>	2009	89	Urétéroscopie semi-rigide	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Aloosh <i>et al.</i>	2016	5	Urétéroscopie souple					<input type="checkbox"/>	Urétéroscopie souple (patient)
Smart Simulator (Olympus)									
Inoue <i>et al.</i>	2017	16	Urétéroscopie souple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Modèles inanimés									
Chou <i>et al.</i> (Uro-sopic trainer, Limbs and Things)	2006	16	Urétéroscopie souple				<input type="checkbox"/>		Urétéroscopie souple sur tissus animaux (uretère+rein de porc)
White <i>et al.</i>	2010	46	Urétéroscopie souple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Soria <i>et al.</i> (ETXY-uro, ProDelphus)	2014	40	Urétéroscopie souple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Hu <i>et al.</i>	2015	10	Montée/ablation sonde JJ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Blankstein <i>et al.</i> (URS model, Cook Medical)	2015	15	Urétéroscopie souple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Al Jabir <i>et al.</i> (Advanced Scope Trainer, Mediskills)	2017	53 (19-34-0)	Urétéroscopie souple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Urétéroscopie souple sur sujet anatomique
Villa <i>et al.</i> (Key-Box)	2017	16	Urétéroscopie souple		<input type="checkbox"/>				

Auteur	Année	Nombre sujets (Novices-Interm-Experts)	Exercices ou procédure simulés	Validités démontrées					Evaluation ou comparateur
				A	Ct	Cs	Cc	P	
Simulateurs utilisant la réalité virtuelle									
PERC Mentor (3D Systems/Simbionix)									
Knudsen <i>et al.</i>	2006	63	Ponction calicielle, mise en place guide	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Mishra <i>et al.</i>	2010	24 (15-0-9)	Ponction calicielle, nephrostomie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ponction calicielle sur modèle animal
Papatsoris <i>et al.</i>	2012	36 (36-0-0)	Ponction calicielle, mise en place guide	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Noureldin <i>et al.</i>	2016	26	Ponction calicielle			<input type="checkbox"/>			
SimPORTAL C-Arm Trainer sans fluoroscopie (Université de Washington)									
Poniatowski <i>et al.</i>	2015	14	Ponction calicielle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Noureldin <i>et al.</i>	2018	38	Ponction calicielle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Modèles inanimés									
Rock <i>et al.</i>	2009		Ponction calicielle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Auteur	Année	Nombre sujets (Novices-Interm-Experts)	Exercices ou procédure simulés	Validités démontrées					Evaluation ou comparateur
				A	Ct	Cs	Cc	P	
Simulateurs utilisant la réalité virtuelle									
Uro Trainer (Karl Storz)									
Reich <i>et al.</i>	2006	36 (24-12-0)	RTUV	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Schout <i>et al.</i>	2009	104	RTUV RTUP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Mishra <i>et al.</i>	2010	19 (9-0-10)	RTUP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
TURPSim/UROSim (3D Systems/Simbionix/Virtamed)									
Bright <i>et al.</i>	2012	18 (11-0-7)	RTUP	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Tjiam <i>et al.</i>	2014	66 (22-22-22)	RTUP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Kuronen-Stewart <i>et al.</i>	2015	53 (18-24-11)	Enucléation HOLEP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
SurgicalSIM TURP (Université de Washington/METI)									
Sweet <i>et al.</i>	2004	91 (19-0-72)	RTUP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Rashid <i>et al.</i>	2007	136 (19-45-72)	RTUP			<input type="checkbox"/>			
Hudak <i>et al.</i>	2010	35	RTUP			<input type="checkbox"/>			Validation externe
PelvicVision (MeleritMedical)									
Källström <i>et al.</i>	2005	18 (7-0-9)	RTUP	<input type="checkbox"/>					
Källström <i>et al.</i>	2010	20 (11-0-9)	RTUP		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Källström <i>et al.</i>	2010	24 (24-0-0)	RTUP				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTUP (patient)
Simulateur de vaporisation prostatique Greenlight™									
Aydin <i>et al.</i>	2015	46 (25-14-7)	Vaporisation prostatique Greenlight™	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Noureldin <i>et al.</i>	2015	25	Vaporisation prostatique Greenlight™			<input type="checkbox"/>			
Modèles inanimés									
Simbla resection trainer (SAMED GmbH)									
Ebbing <i>et al.</i>	2011	1	RTUP	<input type="checkbox"/>					
De Vries <i>et al.</i>	2016	76 (25-26-25)	RTUV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bristol TURP trainer (Limbs and Things)									
Brewin <i>et al.</i>	2014	16 (8-0-8)	RTUP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Simulateur d'enucléation (Université de Kansai)									
Aydin <i>et al.</i>	2014	36	Enucléation HOLEP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Auteur	Année	Nombre sujets (Novices-Interm-Experts)	Exercices ou procédure simulés	Validités démontrées					Evaluation ou comparateur
				A	Ct	Cs	Cc	P	
Simulateurs utilisant la réalité virtuelle									
URO Mentor (3D Systems/Simbionix)									
Shah <i>et al.</i>	2002	14 (14-0-0)	Cystoscopie souple	<input type="checkbox"/>					
Gettman <i>et al.</i>	2008	57 (30-0-27)	Cystoscopie rigide et souple, mise en place d'un guide			<input type="checkbox"/>			
Gettman <i>et al.</i>	2009	10	Cystoscopie rigide et souple, mise en place d'un guide	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Schout <i>et al.</i>	2010	100 (100-0-0)	Cystoscopie souple					<input type="checkbox"/>	Cystoscopie souple (patient)
Modèles utilisant des tissus animaux									
Soltani <i>et al.</i>	2016	16 (11-0-5)	Traitement endoscopique du reflux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Farhan <i>et al.</i>	2018	12 (6-0-6)	Injection agent comblant (vessie de porc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Modèles inanimés									
Singal <i>et al.</i>	2015	25	Pose de cathéter sus-pubien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Zhong <i>et al.</i>	2015	160	Sondage urinaire, montée de sonde JJ	<input type="checkbox"/>					
Hu <i>et al.</i>	2015	46 (36-0-10)	Mise en place et ablation de sonde JJ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Auteur	Année	Nombre sujets (Novices- Inter- Experts)	Exercices ou procédure simulés	Validités démonstrées					Evaluation ou comparateur
				A	Ct	Cs	Cc	P	
Simulateurs utilisant la réalité virtuelle									
Persoon <i>et al.</i>	2010	47	Echographie prostatique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Chalasanani <i>et al.</i>	2011	26 (12-0-14)	Biopsies prostatiques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Fiard <i>et al.</i>	2014	21 (14-0-7)	Biopsies prostatiques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Thaker <i>et al.</i>	2014	31	Curiethérapie prostatique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Dispositifs	Coût (euros HT)
Simulateurs de chirurgie robotique	
dV-Trainer	45-90 000
dVSS	65 000
ROBOTIX Mentor	95 000
RoSS	110 000
XTT	60 000
SEP	40 000
Simulateurs de chirurgie laparoscopique	
LAP Mentor	90 000
SIMENDO	5 000
Modèles inanimés	600-3 000
Simulateurs d'urétéroscopie	
URO Mentor	110 000
Smart Simulator	10 000
Advanced Scope Trainer	5 000
Uro-Scopic Trainer	4 500
Key-Box	2 000
Simulateurs de chirurgie percutanée du rein	
PERC Mentor	110 000
Simulateurs de chirurgie endoscopique de la vessie et la prostate	
TURP Sim-URO Sim	60-120 000
Simbla	4 000 (+10-60 par prostate)
Bristol TURP Trainer	1 000 (+150 par prostate)
Simulateur de vaporisation laser Greenlight™	30 000
Simulateurs d'interventions échoguidées sur la prostate	
Fantôme de prostate pour curiethérapie	400 par prostate