

# SIMULATION EN PÉDAGOGIE MÉDICALE : état des lieux

R. BETZ (1), A. GHUYSEN (2), V. D'ORIO (3)

**RÉSUMÉ :** Méthodologie de formation émergente depuis deux décennies essentiellement, la simulation en santé découle d'un principe selon lequel «la première fois» d'un apprenant ne peut jamais se faire sur le patient. Elle permet d'expérimenter les erreurs et de répéter les gestes de manière reproductible, dans un environnement le plus réaliste possible, sans faire courir au patient un risque socialement de moins en moins toléré. La simulation implique des modalités multiples: des simples jeux de rôle aux mannequins haute fidélité les plus performants. Dans tous les cas, elle répond à une structure très codifiée : briefing, scénario, puis débriefing, ce dernier constituant l'étape clé de l'enseignement où le candidat, par un travail d'autocritique, acquiert des compétences tant techniques que non techniques. Enfin, si la simulation médicale a très clairement fourni les preuves de son efficacité dans l'acquisition d'habiletés, de gestes techniques, de comportements adaptés ou d'application d'algorithmes, elle ne peut, à ce jour, formellement attester d'un bénéfice en termes de qualité des soins prodigués au patient. De nouveaux travaux de recherche s'avèrent donc nécessaires pour valider cette dernière hypothèse qui constitue, en finalité, l'objectif de toute évolution en médecine.

**MOTS-CLÉS :** *Simulation - Enseignement - Méthodologie - Débriefing*

## SIMULATION IN MEDICAL EDUCATION : CURRENT SITUATION

**SUMMARY :** Training methodology having emerged primarily over the last two decades, simulation in health care has arisen from the idea that students should never practice on the patient for their "first time". Simulation makes it possible to try out the errors and to repeat the skills over and over, in a reproducible way and in the most realistic possible environment, but with no harm to the patients, a risk socially intolerable. Simulation implies multiple methods from simple role-playing schemes to most powerful experiments on high-fidelity mannequins. In all cases, simulation implies a strictly codified structure : briefing, scenario, then debriefing. Indeed, debriefing represents the cornerstone of the teaching process allowing, both technical and non-technical skills acquisition through a work based on self-criticism. It should be noticed however that, although medical simulation has very clearly provided evidence of its effectiveness in skills acquisition, appropriate behaviours or application of algorithms, it has not demonstrated any benefit in terms of patients' care quality. Further research is therefore needed to validate this last assumption, which represents the very objective of any evolution in medicine.

**KEYWORDS :** *Simulation - Teaching - Methodology - Debriefing*

## INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, et particulièrement de ces vingt dernières années, la simulation médicale s'est imposée, et s'impose de plus en plus, comme une modalité incontournable d'enseignement. D'abord apparue en Amérique du Nord, puis secondairement en Europe, ce n'est que plus récemment qu'elle émerge en France et en Belgique.

L'exigence de qualité de plus en plus pressante, la crainte du risque et de ses implications légales, la diminution du temps de travail et, donc, de l'expérience qui lui est associée, et les limitations toujours plus étroites qu'impose l'éthique, sont à l'origine du développement de la simulation en médecine et de la place croissante qu'elle occupe dans le domaine de l'enseignement (1, 2).

Elle permet, en effet, aux apprenants d'expérimenter des scénarios, des actes ou techniques ou des comportements à plusieurs reprises, de manière reproductible, sans faire courir au patient un risque qui serait évidemment jugé inacceptable. Elle permet par ailleurs de provoquer les complications et autres difficultés qu'il serait bien trop dangereux d'induire dans la réalité.

Au vu des perspectives offertes par cette méthode et à l'aube de la mise sur pied du Centre Hospitalo-Universitaire de Simulation Médicale de Liège, nous pensons utile de dresser un tableau succinct de l'état des connaissances actuelles en matière de simulation en médecine, de son historique, de ses modalités et de ses applications.

## DÉFINITION

De manière générale, et au-delà du cadre strict de son application médicale, la simulation est un mode d'enseignement de savoir-être et d'habiletés utilisé dans des tâches pour lesquelles un apprentissage direct s'avère impossible pour des raisons déontologiques (sécurité et risques), économiques (coûts des matériels)

(1) Chef de clinique adjoint, (2) Professeur, (3) Professeur ordinaire, Chef de Service, Service des Urgences, CHU de Liège.

ou techniques (très faible probabilité d'occurrence des incidents ou accidents à étudier). L'objectif est de permettre à l'individu d'apprendre à reproduire, de la façon la plus réaliste et fidèle, les comportements adéquats (3).

## HISTORIQUE DE LA SIMULATION

C'est dans les domaines non médicaux que s'est initialement développé l'enseignement par simulation et, plus particulièrement, dans les domaines de l'aéronautique, de la marine, de l'industrie nucléaire, ou encore de l'armée (4, 5).

L'aviation est ainsi considérée comme le berceau de la simulation. Elle s'est naturellement imposée et ce, dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle, concomitamment à l'apparition des premiers avions, après constat des bilans humain et financier très lourds liés à l'entraînement initial en vol réel sur des machines inconnues de l'apprenant.

Faisant d'abord appel à de simples répliques de cockpit, la simulation aérienne repose aujourd'hui sur des simulateurs de vol extrêmement perfectionnés. Ils permettent au pilote de développer des aptitudes à chaque validation sur un nouveau type d'appareil et d'expérimenter un panel exhaustif de pannes qu'il serait évidemment inacceptable de provoquer en vol réel pour des questions financières et de risques humains.

Dans ce domaine, l'enseignement sur simulateur est devenu une étape imposée par les instances internationales pour la formation de tout pilote et pour sa recertification périodique.

Il est vraisemblable que, dans un avenir plus ou moins proche, il en soit de même dans l'application médicale de la simulation.

Dans le domaine de la santé, c'est dans la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle que l'on voit apparaître les prémices d'un enseignement par la simulation (5, 6). A cette époque, le Professeur Peter Safar du Baltimore City Hospital tente de perfectionner les manœuvres de réanimation cardio-pulmonaire en sollicitant, comme sujets d'étude, ses propres collaborateurs qu'il doit sédaté et intuber. Face au manque compréhensible de volontaires, il décide de s'associer au médecin norvégien Bjorn Lind et au fabricant de jouets Asmund Laerdal pour développer le mannequin mondialement célèbre «Resusci Anne». Dans les années 60 et 70, apparaissent les premiers mannequins électroniques, pilotés par ordinateur. Ils sont à l'origine des mannequins haute-fidélité aujourd'hui utilisés.

C'est toutefois au début du XXI<sup>ème</sup> siècle que la simulation en santé prend son véritable essor, d'abord en Amérique du Nord qui, dans ce domaine, fait état d'une certaine avance sur l'Europe. La publication, en 1999 aux Etats-Unis, d'un rapport nommé «To err is human» (7, 8) est à l'origine d'une prise de conscience collective, tant dans le monde médical que public, de l'importance du facteur humain dans les erreurs médicales. En effet, ce rapport avance qu'annuellement aux Etats-Unis, 44.000 à 98.000 patients meurent des suites d'une erreur médicale qui aurait pu être évitée, soit davantage que le nombre de décès imputables aux accidents de la route, au cancer du sein ou au SIDA. L'une des solutions proposées était d'intégrer la simulation au processus de formation médicale afin d'expérimenter les potentielles erreurs et de répéter les gestes avant de les poser sur un vrai malade.

Ainsi de nos jours, en Amérique du Nord, la simulation est pleinement intégrée aux programmes de formation médicale tant initiale que continue, couvre également le développement des compétences non techniques (comportements, travail en équipe, etc.), s'utilise pour asseoir durablement les relations interdisciplinaires ou se voit utilisée à chaque introduction d'un nouveau matériel pour y former les équipes avant application sur le patient. Son rôle est devenu si prépondérant qu'une université, un centre de santé ou de formation est jugé non attractif s'il ne dispose pas d'un laboratoire de simulation performant, ce dernier constituant, donc, une vitrine pour la promotion des établissements en question.

Diverses instances (Society for Simulation in Healthcare, American Society of Anesthesiologists, American College of Surgeons) ont le pouvoir de certifier les formations sur simulateur dispensées en médecine et, donc, de délivrer au candidat un diplôme reconnu par tous.

De plus en plus, la simulation est également utilisée à visée évaluative avec un caractère sanctionnant (9), par exemple, avant d'autoriser une équivalence de diplôme à un médecin étranger désireux de s'implanter dans le pays.

Bien que l'Europe accuse, sur l'Amérique du Nord, un certain retard en matière de simulation médicale, plusieurs centres de renommée contribuent à son développement. Les nord-européens, et particulièrement les Anglais, y sont les plus impliqués (centres de Bristol et de Londres au Royaume-Uni, de Copenhague au Danemark, de Stavanger en Norvège, de

Genève en Suisse, de Tübingen en Allemagne pour ne citer que les plus connus) (10).

La plupart de ces centres dépendent de structures publiques et, notamment des universités. Les formations sont dispensées en interne, mais souvent, également ouvertes à l'extérieur (médecins et paramédicaux extérieurs, services de secours, etc.).

L'équipement technique des centres européens de simulation n'apparaît pas tellement limitatif. C'est le manque de formateurs aguerris, correctement formés eux-mêmes aux techniques de simulation, qui handicape le plus significativement la pérennité de ces centres (6). A noter, enfin, que la simulation permet de limiter l'impact négatif sur la formation des directives européennes sur le temps maximal de travail en contrebalançant la réduction du temps passé auprès des malades et, donc, de l'expérience acquise par une répétition des gestes et procédures sur simulateur.

En France, la simulation est encore émergente. Les centres de l'Université de Paris-Des-cartes, du CESIM (Université de Bretagne et CHU de Brest) et du CEnSIM de Chambéry sont les plus réputés.

En Belgique, l'activité paraît plus nouvelle encore. Plusieurs centres naissent ici et là, d'initiatives généralement isolées, sans qu'existent, à l'heure actuelle, de réelles structuration et synergie entre les pôles.

#### APPLICATIONS DE LA SIMULATION EN MÉDECINE

La simulation médicale correspond à l'utilisation d'un matériel (mannequin haute ou basse fidélité, simulateur procédural), de la réalité virtuelle ou d'un patient standardisé afin de reproduire une situation ou un environnement de soins dans le but d'enseigner, à un professionnel de santé ou à une équipe de professionnels, des procédures diagnostiques ou thérapeutiques ou de prise de décisions et de répéter, de manière reproductible, ces procédures (6, 11).

La simulation en santé permet de former l'apprenant à des procédures, des gestes ou techniques ou à la prise en charge de situations. Elle permet l'acquisition et la réactualisation des connaissances et des compétences techniques et non techniques (communication, comportements, travail en équipe, etc.). Elle stimule, chez l'apprenant, une autocritique de ses propres pratiques au regard des recommandations établies. Elle autorise, enfin, à aborder

des situations critiques dites «à risque pour le patient» ou des complications vécues dans la réalité.

Pour ce faire, la simulation médicale recourt à un ensemble de modalités particulières bien définies (6, 11).

#### MODALITÉS DE SIMULATION SUR MATÉRIEL BIOLOGIQUE

##### *L'expérimentation animale*

Elle permet notamment l'apprentissage de gestes chirurgicaux simples (sutures) ou complexes (coelioscopie, microchirurgie, etc.).

##### *L'utilisation de cadavre*

Apprentissage de gestes techniques (abord des voies aériennes, accès vasculaires, anesthésies locorégionales, techniques chirurgicales, etc.).

##### *Le patient standardisé (12)*

Un patient standardisé est soit un patient volontaire, soit un acteur sollicité amené à tenir un rôle dans un scénario préétabli. Il permet de développer des compétences en termes de communication avec le patient et de comportements à tenir (ex.: annonce de mauvaises nouvelles).

##### *Le jeu de rôle*

Il consiste à simuler une situation dans un environnement spécifique au travers de laquelle les intervenants vont apprendre des habiletés relationnelles.

#### MODALITÉS DE SIMULATION SYNTHÉTIQUES

##### *Les simulateurs patients (haute ou basse fidélité)*

Il s'agit de mannequins grandeur nature, plus ou moins sophistiqués et utilisés au travers de scénarios établis rendant la situation extrêmement proche de la réalité. Les plus développés d'entre eux (haute fidélité) sont pilotables à distance par ordinateur. En fonction des actes posés par l'apprenant, un logiciel informatique suivant des algorithmes poussés, ou le formateur, fait réagir le mannequin en modifiant les paramètres vitaux et l'état clinique.

##### *Les simulateurs procéduraux (haute ou basse fidélité)*

Ces simulateurs permettent l'apprentissage d'un geste technique par sa répétition sans risque pour le patient. Il sont de basse fidélité (tête pour intubation, bras pour perfusion ou

pour suture, etc.) ou de haute fidélité (simulateur chirurgical pour coelioscopie, simulateur d'endoscopie digestive ou de fibroscopie bronchique, simulateur de coronarographie, etc.).

#### MODALITÉS DE SIMULATION ÉLECTRONIQUES

##### *Réalité virtuelle et réalité augmentée*

La réalité virtuelle utilise des modèles informatiques pour projeter l'utilisateur dans un environnement réaliste en trois dimensions avec lequel il peut interagir à sa guise.

La réalité augmentée, quant à elle, permet la superposition d'un modèle tridimensionnel à la perception réelle de l'environnement. Il est ainsi possible d'incruster des images fictives aux images de la réalité.

Ces modalités sont encore en plein développement et s'avèrent extrêmement coûteuses tant la programmation informatique des modèles à étudier est complexe.

##### *Environnement 3D et jeux sérieux*

Ils s'apparentent aux jeux vidéo les plus performants et ne présentent, théoriquement, aucune limite dans leur potentielle diversité. Ils se révèlent, par contre, ici encore, très coûteux à développer.

#### MODALITÉS DE SIMULATION MIXTES

##### *Simulation hybride*

Il s'agit d'une combinaison de plusieurs techniques différentes de simulation, par exemple, l'association d'un patient standardisé et d'un simulateur procédural afin d'intégrer l'apprentissage d'une technique dans son environnement réaliste.

### MÉTHODOLOGIE DE LA SIMULATION MÉDICALE

La mise en œuvre de séances de simulation en médecine doit impérativement répondre à un cadre très strict structuré par de nombreux protocoles validés (14).

Elle naît nécessairement de l'identification d'une demande spécifique d'apprentissage ou d'une lacune à combler chez les candidats. Sur base des besoins ainsi identifiés, sont élaborés des objectifs scientifiques y apportant une solution et des objectifs pédagogiques pour y parvenir. Alors seulement sont choisis les moyens à mettre en œuvre en simulation, pour une rentabilité optimale. Les modalités et scénarios choi-

sis doivent être testés avant utilisation pour en vérifier la faisabilité.

La séance de simulation doit impérativement s'articuler autour de trois phases : le briefing, le scénario et le débriefing (6).

Le briefing, temps initial et indispensable (13) pose les jalons de la séance et replace le scénario à venir dans son contexte (explications de ce qui a précédé le début de prise en charge par le candidat). Les locaux et le matériel sont présentés aux élèves afin de les y familiariser. Les objectifs de la séance sont rappelés, de même que d'importantes notions psychologiquement utiles telles que l'absence de jugement, l'absence de piège intentionnel et l'absence évidente de risque pour le patient afin de mettre les participants en confiance.

Le scénario correspond au passage sur simulateur. Le rôle du formateur est d'adapter en continu l'évolution du scénario afin de maintenir les candidats en situation permanente de résolution de problèmes et d'éviter qu'ils soient confrontés à une situation d'échec (tel le «décès» du mannequin) qui s'avère contre-productive. Le formateur peut être accompagné d'un facilitateur, tierce personne venant en aide aux candidats en situation de blocage, afin que ces derniers puissent accomplir et rencontrer les objectifs pédagogiques fixés.

Le passage sur simulateur est idéalement filmé dans son intégralité dans un but double : d'une part, permettre la retransmission simultanée dans une pièce annexe pour les autres élèves ne prenant pas part active au scénario en cours, et, d'autre part, aider le formateur à évaluer les participants en pouvant s'appuyer, lors du débriefing, sur les images enregistrées.

Le débriefing constitue le temps le plus important d'une séance de simulation (14, 15, 16). Il se doit impérativement de ne pas être sanctionnant. Le formateur y joue le rôle de catalyseur, conduisant une discussion qui doit émaner des participants eux-mêmes. En 2008, le Professeur Eduardo Salas et son groupe, de l'Institute for Simulation and Training de l'University of Central Florida, ont établi un ensemble de douze recommandations pour mener un débriefing efficace; elles font aujourd'hui foi au niveau international (17). La première étape du débriefing, dite descriptive, rappelle l'absence de jugement et cherche à révéler le vécu et les impressions des candidats. La deuxième étape, dite d'analyse, est la plus longue et cherche à comprendre pourquoi certains actes ont été posés et d'autres pas, en s'ai-

dant si nécessaire de la retransmission vidéo du scénario. Elle doit stimuler l'apprenant à mener une autocritique de ses connaissances et à les comparer aux recommandations. Très subtile, cette étape d'analyse nécessite beaucoup d'expérience et de pédagogie du formateur qui doit faire identifier les erreurs et lacunes du candidat sans induire chez lui de sentiment d'échec ou de frustration, évitant de ce fait l'émergence de conflits inhérents à un tel ressenti.

Enfin, la dernière étape du débriefing, dite de synthèse, pousse les candidats à construire eux-mêmes un résumé des enseignements retenus. Le formateur leur fournit, quant à lui, un feedback global sur la séance.

#### **BÉNÉFICES DE LA SIMULATION MÉDICALE ET ÉVALUATIONS FUTURES**

La simulation médicale étant une méthodologie d'enseignement relativement récente, de nombreux travaux de recherche sont entrepris à son sujet afin d'en évaluer les résultats sur la qualité de l'enseignement et ses implications dans l'amélioration des soins portés aux patients.

Les grandes revues de littérature à ce sujet déplorent toutefois régulièrement la faiblesse scientifique des articles produits (6, 18, 19) : insuffisance de la méthodologie (peu d'études randomisées en double-aveugle), échantillons de petite taille, absence de standardisation des techniques utilisées. L'une d'entre elle, menée par l'équipe de McGaghie et particulièrement importante, a toutefois permis, sur base d'articles jugés suffisamment pertinents, de valider en douze points la bonne méthodologie à appliquer par quiconque veut pratiquer de manière optimale la simulation médicale (20).

L'intérêt et l'efficacité de l'enseignement par la simulation sont désormais également admis par tous dans l'acquisition de gestes chirurgicaux (2, 21) ou endoscopiques (22, 23, 24), dans le développement des aptitudes à la communication ou au travail d'équipe (25), ou encore dans l'apprentissage d'algorithmes avancés de prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire, notamment (2, 26, 27).

Par contre, à ce jour, la simulation met difficilement en évidence un gain significatif dans l'acquisition des connaissances théoriques. Les études sont, à ce sujet, insuffisantes et très contradictoires (28, 29). La simulation ne peut donc, à ce titre, remplacer les techniques «classiques» d'enseignement, mais doit s'inscrire en complément et en renfort de ces dernières.

Un autre résultat essentiel à quantifier dans l'utilisation de la simulation médicale est celui de son influence réelle sur la pratique clinique et, donc, sur la qualité de prise en charge du patient. Les études menées à cette fin sont difficiles à conduire et manquent encore, à l'heure actuelle, pour obtenir des données solides même si certaines semblent prometteuses (30, 31). Malgré le peu de données actuelles concernant l'impact de la simulation médicale sur la qualité des soins, ce type d'enseignement peut être évalué selon le modèle dit «modifié de Kirkpatrick» (6, 32, 33). Ce modèle comporte quatre niveaux devant chacun faire l'objet d'une évaluation adaptée. Le premier niveau est celui des réactions: les apprenants sont-ils satisfaits de la formation dispensée ? Le second niveau est celui de l'apprentissage: qu'ont appris les candidats et ont-ils rencontré les objectifs pédagogiques fixés ? Le troisième niveau étudie le transfert : le savoir acquis durant la formation est-il appliqué par le candidat dans son travail quotidien ? Enfin, le quatrième et dernier niveau correspond aux résultats organisationnels : quel est l'impact de la formation sur la prise en charge des patients ?

Si les preuves sont aujourd'hui irréfutables quant à l'efficacité de la simulation médicale aux trois premiers niveaux, d'autres travaux d'envergure sont nécessaires pour en affirmer formellement le bénéfice en termes de qualité des soins dispensés aux patients.

#### **PERSPECTIVES**

La Faculté de Médecine de l'Université de Liège a pour projet de développer un centre universitaire d'apprentissage par la simulation médicale destiné à la formation initiale des étudiants en médecine et en masters complémentaires ainsi qu'à la formation continue des médecins spécialistes et du personnel infirmier. Un large éventail de disciplines médicales sont potentiellement concernées par une telle méthodologie d'enseignement, même si les principales seront sans aucun doute, dans un premier temps, l'Anesthésie-Réanimation, la Médecine d'Urgence, la Médecine interne et la Pédiatrie. A noter que cette dernière a déjà entamé un programme spécifique de simulation sur mannequins haute-fidélité.

Plus tard, des simulateurs procéduraux pourraient bénéficier aux chirurgiens diplômés ou en devenir. La psychiatrie pourrait prendre part à la simulation sous forme de jeux de rôle ou par recours à des patients standardisés.

La simulation médicale ouvre une infinie voie de recherche sous ses formes les plus diverses (études de faisabilité, analyse des connaissances et des acquis, implications dans les gestes médicaux quotidiens des apprenants, implications sur la qualité de prise en charge du patient), autant d'éléments qui seront au centre même des préoccupations du futur centre de simulation hospitalo-universitaire.

## CONCLUSION

L'évolution sociétale exige, en matière de soins de santé, un niveau de qualité toujours plus élevé et tolère de moins en moins l'échec, surtout lorsqu'il est la conséquence de l'erreur humaine.

Au cours des dernières décennies, l'enseignement par la simulation médicale s'est ainsi imposé comme l'une des solutions à ce constat. Il permet de former, de manière répétée et reproductible, les apprenants dans un environnement le plus réaliste possible et ce, sans faire courir le moindre risque au patient.

La simulation en santé étant une science relativement nouvelle, elle fait l'objet d'une activité de recherche prolifique.

Si la démonstration est faite de sa contribution bénéfique dans le développement de compétences ou d'habiletés techniques et non techniques, sa place est moins évidente dans l'acquisition de connaissances théoriques. La simulation médicale ne pourra donc jamais remplacer totalement les méthodes d'enseignement dites «classiques», mais doit s'imposer comme complément nécessaire à ces méthodes.

Enfin, des données encourageantes, mais encore insuffisantes à ce jour, doivent inciter à la conduite de nouveaux travaux de recherches afin d'établir un lien certain entre l'utilisation de la simulation médicale et l'amélioration des soins portés aux patients, ce qui reste, en santé, la finalité première de toute évolution.

## BIBLIOGRAPHIE

- Singh H, Kalani M, Acosta-Torres S, et al.— History of Simulation in Medicine: From Resusci Annie to the Ann Myers Medical Center. *Neurosurgery*, 2013, **73**, 9-14.
- Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S Jr, et al.— The utility of simulation in medical education : what is the evidence? *Mt Sinai J Med*, 2009, **76**, 330-343.
- Béguin P, Weill-Fassina A.— *La simulation en ergonomie : connaître, agir et interagir*. Toulouse : Octares, 1997.
- Carron PN, Trueb L, Yersin B.— High-fidelity simulation in the nonmedical domain: practices and potential transferable competencies for the medical field. *Adv Med Ed Prac*, 2011, **2**, 149-155.
- Rosen KR.— The history of medical simulation. *J Crit Care*, 2008, **23**, 157-166.
- Granry JC, Moll MC.— *Rapport de mission : Etat de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé*. Janvier 2012.
- Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS.— *To err is human. Building a safer health system*. Washington : National Academy Press, 1999.
- Abdulmohsen H.— Simulation-based medical teaching and learning. *J Fam Community Med*, 2010, **17**, 35-40.
- Berkenstadt H, Ziv A, Gafni N, et al.— Incorporating simulation-based objective structured clinical examination into the israeli National Board Examination in Anesthesiology. *Anesth Analg*, 2006, **102**, 853-858.
- Bristol Medical Simulation Center (BMSC).— <http://www.bmsc.co.uk>, consultation du 15 septembre 2013.
- Haute Autorité de Santé (HAS).— Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé, Décembre 2012.
- Huwendiek S, De Leng BA, Zary N, et al.— Towards a typology of virtual patients. *Med Teach*, 2009, **31**, 743-748.
- Nyssen AS.— Simulateurs dans le domaine de l'anesthésie. Etudes et réflexions sur les notions de validité et de fidélité. In : Pastré P, ed. Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels. Toulouse : Octares, 2005, 269-283.
- Motola Y, Devine LA, Chung HS, et al.— Simulation in healthcare education: A best evidence practical guide. AMEE Guide No. 82. *Med Teach*, 2013, **35**, 1511-1530.
- McGaghie WC.— Research opportunities in simulation-based medical education using deliberate practice. *Acad Emerg Med*, 2008, **15**, 995-1001.
- Dreifuerst KT.— The essentials of debriefing in simulation learning : a concept analysis. *Nurs Educ Perspect*, 2009, **30**, 109-114.
- Salas E, Klein C, King H, et al.— Debriefing medical teams : 12 evidence-based best practices and tips. *Jt Comm J Qual Patient Saf*, 2008, **34**, 518-527.
- Sutherland LM, Middleton PF, Anthony A, et al.— Surgical simulation : a systematic review. *Ann Surg*, 2006, **243**, 854-860.
- Van Nortwick SS, Lendvay TS, Jensen AR, et al.— Methodologies for establishing validity in surgical simulation studies. *Surgery*, 2010, **147**, 622-630.
- McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, et al.— A critical review of simulation-based medical education research : 2003-2009. *Med Educ*, 2010, **44**, 50-63.
- Haque S, Srinivasan S.— A meta-analysis of the training effectiveness of virtual reality surgical simulators. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 2006, **10**, 51-58.
- Liao WC, Leung JW, Wang HP, et al.— Coached practice using ERCP mechanical simulator improves trainees' ERCP performance : a randomized controlled trial. *Endoscopy*, 2013, **45**, 799-805.

23. Gerson LB, Van Dam J.— Technology review : the use of simulators for training en GI endoscopy. *Gastrointest Endosc*, 2004, **60**, 992-1001.
24. Bharathan R, Setchell T, Miskry T.— Gynecological endoscopy skills training and assesment : a review. *J Minim Invasive Gynecol*. 2013, doi: 10.1016/j.jmig.2013.07.016. [Epub ahead of print].
25. Gaffan J, Dacre J, Jones A.— Educating undergraduate medical students about oncology : a literature review. *J Clin Oncol*, 2006, **24**, 1932-1939.
26. Davis L, Storjohann T, Spiegel J.— High-Fidelity Simulation for Advanced Cardiac Life Support Training. *Am J Pharm Educ*, 2013, **77**, article 59.
27. Wayne DB, Butter J, Siddal VJ, et al.— Simulation-based training of internal medicine residents in advanced cardiac life support protocols : a randomized trial. *Teach Learn Med*, 2005, **17**, 210-216.
28. Koniaa M, Yao A.— Simulation-a new educational paradigm ?, *J Biomed Res*, 2013, **27**, 75-80.
29. Pastré P.— Apprendre par la simulation. *De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*. Toulouse : Octares, 2005.
30. Wayne DB, Didwania A, Feinglass J, et al.— Simulation-based education improves quality of care during cardiac arrest team responses at an academic teaching hospital : a case-control study. *Chest*, 2008, **133**, 56-61.
31. Seymour NE.— VR to OR : a review of the evidence that virtual reality simulation improves operating room performance. *World J Surg*, 2008, **32**, 182-188.
32. Kirkpatrick D.— Great ideas revisited. Techniques for evaluating training programs. Revisiting Kirkpatrick's four-level model. *Training Dev*, 1996, **50**, 54-59.
33. Smidt A, Balandin S, Sigafos J, et al.— The Kirkpatrick model : a useful tool for evaluating training outcomes. *J Intellect Dev Disabil*, 2009, **34**, 266-274.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Dr. R. Betz, Service des Urgences, CHU de Liège, Belgique.  
Email : R.Betz@chu.ulg.ac.be