

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - LYON 1
FACULTÉ DE MÉDECINE LYON-SUD CHARLES MÉRIEUX
Année 2014 - N°

**Patients virtuels :
pédagogie, état de l'art
et développement du simulateur Alphadiag**

Thèse
présentée à l'Université Claude Bernard - Lyon 1
et soutenue publiquement le 22 mai 2014
pour obtenir le grade de docteur en médecine

par
Nicolas ROMBAUTS
né le 29 juin 1984 à Suresnes (92)

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD – LYON 1

. Président de l'Université	François-Noël GILLY
. Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales	François-Noël GILLY
. Directeur Général des Services	Alain HELLEU

SECTEUR SANTE

UFR DE MEDECINE LYON EST	Directeur : Jérôme ETIENNE
UFR DE MEDECINE ET DE MAIEUTIQUE LYON SUD - CHARLES MERIEUX	Directeur : Carole BURILLON
INSTITUT DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES (ISPB)	Directeur : Christine VINCIGUERRA
UFR D'ODONTOLOGIE INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE READAPTATION	Directeur : Denis BOURGEOIS Directeur : Yves MATILLON
DEPARTEMENT DE FORMATION ET CENTRE DE RECHERCHE EN BIOLOGIE HUMAINE	Directeur : Anne-Marie SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

UFR DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES	Directeur : Fabien DE MARCHI
UFR DE SCIENCES ET TECHNIQUES DES ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES (STAPS)	Directeur : Yannick VANPOULLE
POLYTECH LYON	Directeur : Pascal FOURNIER
I.U.T.	Directeur : Christophe VITON
INSTITUT DES SCIENCES FINANCIERES ET ASSURANCES (ISFA)	Directeur : Véronique MAUME-DESCHAMPS
I.U.F.M.	Directeur : Régis BERNARD
CPE LYON	Directeur : Gérard PIGNAULT
OBSERVATOIRE DE LYON	Directeur : Bruno GUIDERDONI

U.F.R. FACULTE DE MEDECINE ET DE MAIEUTIQUE LYON SUD-CHARLES MERIEUX

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Classe exceptionnelle)

BELLON Gabriel	Pédiatrie
BERGER Françoise	Anatomie et Cytologie pathologiques
CHIDIAC Christian	Maladies infectieuses ; Tropicales
COIFFIER Bertrand	Hématologie ; Transfusion
COLLET Lionel	Physiologie / O.R.L.
DEVONEC Marian	Urologie
DUBREUIL Christian	O.R.L.
GILLY François-Noël	Chirurgie générale
GUEUGNIAUD Pierre-Yves	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale
LAVILLE Martine	Nutrition
MORNEX Françoise	Cancérologie ; Radiothérapie
PACHECO Yves	Pneumologie
PEIX Jean-Louis	Chirurgie Générale
PERRIN Paul	Urologie
SAMARUT Jacques	Biochimie et Biologie moléculaire
SAUMET Jean Louis	Physiologie
VALETTE Pierre Jean	Radiologie et imagerie médicale
VITAL DURAND Denis	Thérapeutique

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (1ère Classe)

ANDRE Patrice	Bactériologie – Virologie
BERGERET Alain	Médecine et Santé du Travail
BONNEFOY Marc	Médecine Interne, option Gériatrie
BROUSSOLLE Christiane	Médecine interne ; Gériatrie et biologie vieillissement
BROUSSOLLE Emmanuel	Neurologie
BURILLON-LEYNAUD Carole	Ophtalmologie
CAILLOT Jean Louis	Chirurgie générale
CARRET Jean-Paul	Anatomie - Chirurgie orthopédique
ECOCHARD René	Bio-statistiques
FLANDROIS Jean-Pierre	Bactériologie – Virologie ; Hygiène hospitalière
FLOURIE Bernard	Gastroentérologie ; Hépatologie
FREYER Gilles	Cancérologie ; Radiothérapie
GEORGIEFF Nicolas	Pédopsychiatrie
GIAMMARILE Francesco	Biophysique et Médecine nucléaire
GLEHEN Olivier	Chirurgie Générale
GOLFIER François	Gynécologie Obstétrique ; gynécologie médicale
GUERIN Jean-Claude	Pneumologie
KIRKORIAN Gilbert	Cardiologie
LLORCA Guy	Thérapeutique
MAGAUD Jean-Pierre	Hématologie ; Transfusion
MALICIER Daniel	Médecine Légale et Droit de la santé
MATILLON Yves	Epidémiologie, Economie Santé et Prévention
MOURIQUAND Pierre	Chirurgie infantile
NICOLAS Jean-François	Immunologie
PEYRON François	Parasitologie et Mycologie
PICAUD Jean-Charles	Pédiatrie
PIRIOU Vincent	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
POUTEIL-NOBLE Claire	Néphrologie
PRACROS J. Pierre	Radiologie et Imagerie médicale
RODRIGUEZ-LAFRASSE Claire	Biochimie et Biologie moléculaire
SALLES Gilles	Hématologie ; Transfusion

SAURIN Jean-Christophe
SIMON Chantal
TEBIB Jacques
THAI-VAN Hung
THIVOLET Charles
THOMAS Luc
TRILLET-LENOIR Véronique
VIGHETTO Alain

Hépatogastroentérologie
Nutrition
Rhumatologie
Physiologie
Endocrinologie et Maladies métaboliques
Dermato -Vénérologie
Cancérologie ; Radiothérapie
Neurologie

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (2ème Classe)

ADHAM Mustapha
BARREY Cédric
BERARD Frédéric
BOHE Julien
BONNEFOY- CUDRAZ Eric
BOULETREAUX Pierre
CERUSE Philippe
CHOTEL Franck
DAVID Jean Stéphane
DES PORTES DE LA FOSSE Vincent
DEVOUASSOUX Gilles
DORET Muriel
DUPUIS Olivier
FARHAT Fadi
FESSY Michel-Henri
FEUGIER Patrick
FRANCK Nicolas
JOUANNEAU Emmanuel
JUILLARD Laurent
KASSAI KOUPAI Berhouz
LANTELME Pierre
LEBECQUE Serge
LIFANTE Jean-Christophe
LONG Anne
LUAUTE Jacques
NANCEY Stéphane
PAPAREL Philippe
PIALAT Jean-Baptiste
POULET Emmanuel
REIX Philippe
RIOUFFOL Gilles
SALLE Bruno
SANLAVILLE Damien
SERVIEN Elvire
SEVE Pascal
THOBOIS Stéphane
TRAVERSE-GLEHEN Alexandra
TRINGALI Stéphane
TRONC François

Chirurgie Digestive
Neurochirurgie
Immunologie
Réanimation médicale
Cardiologie
Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
O.R.L.
Chirurgie Infantile
Anesthésiologie et Réanimation
Pédiatrie
Pneumologie
Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale
Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale
Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Anatomie
Chirurgie Vasculaire
Psychiatrie Adultes
Neurochirurgie
Néphrologie
Pharmacologie Fondamentale
Cardiologie
Biologie Cellulaire
Chirurgie Générale
Chirurgie vasculaire
Médecine physique et Réadaptation
Gastro Entérologie
Urologie
Radiologie et Imagerie médicale
Psychiatrie Adultes
Pédiatrie
Cardiologie
Biologie et Médecine du développement et de la reproduction
Génétique
Chirurgie Orthopédique
Médecine Interne, Gériatrique
Neurologie
Anatomie et cytologie pathologiques
O.R.L.
Chirurgie thoracique et cardio.

PROFESSEURS ASSOCIES

FILBET Marilène
SOUQUET Pierre-Jean

Soins palliatifs
Pneumologie

PROFESSEUR DES UNIVERSITES - MEDECINE GENERALE

DUBOIS Jean-Pierre

PROFESSEURS ASSOCIES - MEDECINE GENERALE

ERPELDINGER Sylvie

GIRIER Pierre

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Hors Classe)

ARDAIL Dominique	Biochimie et Biologie moléculaire
BONMARTIN Alain	Biophysique et Médecine nucléaire
BOUVAGNET Patrice	Génétique
CARRET Gérard	Bactériologie - Virologie ; Hygiène hospitalière
CHARRIE Anne	Biophysique et Médecine nucléaire
DELAUNAY-HOUZARD Claire	Biophysique et Médecine nucléaire
LORNAGE-SANTAMARIA Jacqueline	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction
MASSIGNON Denis	Hématologie - Transfusion
VIART-FERBER Chantal	Physiologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS (1ère Classe)

CALLET-BAUCHU Evelyne	Hématologie ; Transfusion
DECAUSSIN-PETRUCCI Myriam	Anatomie et cytologie pathologiques
DIJOURD Frédérique	Anatomie et Cytologie pathologiques
GISCARD D’ESTAING Sandrine	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction
KOCHER Laurence	Physiologie
MILLAT Gilles	Biochimie et Biologie moléculaire
PERRAUD Michel	Epidémiologie, Economie Santé et Prévention
RABODONIRINA Méja	Parasitologie et Mycologie
VAN GANSE Eric	Pharmacologie Fondamentale

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (2ème Classe)

BELOT Alexandre	Pédiatrie
BREVET Marie	Anatomie et Cytologie pathologiques
BRUNEL-SCHOLTES Caroline	Bactériologie Virologie, Hygiène Hospitalière
COURY LUCAS Fabienne	Rhumatologie
DESESTRET Virginie	Cytologie - Histologie
DUMITRESCU BORNE Oana	Bactériologie Virologie
LOPEZ Jonathan	Biochimie Biologie Moléculaire
MAUDUIT Claire	Cytologie - Histologie
METZGER Marie-Hélène	Epidémiologie, Economie de la santé, Prévention
PERROT Xavier	Physiologie
PONCET Delphine	Biochimie, Biologie moléculaire
RASIGADE Jean-Philippe	Bactériologie – Virologie ; Hygiène hospitalière

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES – MEDECINE GENERALE

DUPRAZ Christian

PERDRIX Corinne

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - LYON 1
FACULTÉ DE MÉDECINE LYON-SUD CHARLES MÉRIEUX
Année 2014 - N°

**Patients virtuels :
pédagogie, état de l'art
et développement du simulateur Alphadiag**

Thèse
présentée à l'Université Claude Bernard - Lyon 1
et soutenue publiquement le 22 mai 2014
pour obtenir le grade de docteur en médecine

par
Nicolas ROMBAUTS
né le 29 juin 1984 à Suresnes (92)

Résumé

La formation médicale se tourne vers le paradigme d'apprentissage. Afin de proposer une formation riche, efficace, efficiente et respectueuse du patient, la simulation, le e-learning et les patients virtuels sont de plus en plus utilisés. Les patients virtuels, simulations informatiques interactives de scénarios cliniques, permettent l'apprentissage, la pratique et l'évaluation du raisonnement clinique, de la recherche d'information, de la prise de décision en contexte d'incertitude et même du travail en équipe.

Je réalise un état des lieux des systèmes de patient virtuel existants et décris les principaux types : cas linéaires, ramifiés, exploratoires, déchocage, trois dimensions et multijoueur.

Je décris le développement d'Alphadiag, un patient virtuel francophone en ligne de type exploratoire avec base de cas partagée, requêtes en langage naturel, ainsi qu'un outil auteur en ligne utilisable directement par les enseignants, développé en partenariat avec l'Université Claude Bernard - Lyon 1. Ce simulateur est utilisable pour la formation des médecins et infirmiers tout au long de la vie professionnelle.

Abstract

The medical education is moving towards the learning paradigm. To deliver a rich, effective, efficient and patient aware medical education, usage of simulation, e-learning and virtual patients is increasing. The virtual patients, interactive computer simulation of clinical scenarios, allow learning, practice and evaluation of clinical reasoning, data recollection, decision making and even team work.

I describe the latest developments and the various existing virtual patient types : linear, branching, exploratory, resuscitation, three-dimensional and multiplayer.

I describe the development of Alphadiag, a free inquiry type, french language, online virtual patient, with a shared cases database, natural language inquiries, and an online authoring tool usable directly by the teachers, developed in partnership with the Université Claude Bernard - Lyon 1. It is suitable for initial and continuous medical and nursing education.

Le serment d'Hippocrate

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.

Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au dessus de mon travail.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort.

Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.

Remerciements

Cette thèse est le produit d'un travail de longue haleine initié il y a déjà plusieurs années. De nombreuses personnes s'y sont impliquées. Je tenterai de mentionner la contribution de chacun, sans négliger l'apport de ceux qui, sans avoir participé directement, nous ont soutenu dans ce projet par leurs conseils ou leurs encouragements.

Je remercie les membres de mon jury :

M. le Professeur Jérôme Étienne, doyen de la faculté Lyon-Est, nous a reçu très tôt dans le projet. Il en a d'emblée vu les possibilités et a cru en notre capacité à le mener à bien. Il a porté le projet devant le conseil de la faculté pour que nous puissions mettre en place le partenariat avec la faculté et bénéficier d'un financement substantiel.

M. le Professeur Guy Llorca a été très disponible, prodigue de conseils, notamment sur l'évaluation du logiciel. Il m'a été d'une aide précieuse en relisant entièrement une première version de la thèse.

M. le Professeur Yves Gillet s'est impliqué très tôt dans le projet. Il a passé du temps à tester le simulateur ainsi que l'outil auteur et a été un des premiers soutiens au sein de la faculté.

M. le Docteur Bernard Bui-Xuan nous a toujours délivré d'excellents conseils. Il est pour nous un pionnier, puisqu'il est à l'origine de l'utilisation à Lyon d'un autre patient virtuel, le logiciel Microsim.

Au sein de l'Université nous ont également aidés :

Éric Voiglio, qui s'est occupé de la mise en place du partenariat avec l'université.

Nadir Kellou qui a encadré le travail d'évaluation du logiciel par Seav Cheng et n'a jamais manqué de nous faire part de sa production prolifique d'idées.

Lyon Ingénierie Projet, également pour la mise en place du partenariat.

Les membres de SAMSEI.

Crealys, et notre accompagnateur Rémi Berthier, qui nous ont accompagné et hébergé pour la création de notre startup.

Benoît Vrignon, sans qui ce travail n'aurait tout simplement pas existé. Il a saisi ce projet alors qu'il était encore dans l'œuf et a su donner l'impulsion pour le faire démarrer. Nous avons construit ensemble bien plus qu'un logiciel, à travers les moult péripéties de la création d'entreprise. Merci vieux.

Seav Cheng qui a réalisé sa thèse avec nous en réalisant une évaluation d'Alphadiag avec des étudiants de la faculté Lyon-Est.

Matthias Jacquet-Lagrèze et Christelle Berthod sont là depuis le début, et pas à moitié. Ils ont souffert lors des premiers tests. Alors qu'on n'osait encore pas montrer nos prototypes en plein jour, ils ont passé des heures à essayer le simulateur, à créer des cas, à en tester. Sans parler des discussions, des conseils, de l'hébergement de réunions... Samuel et Jolan n'étaient pas là au début mais ils se sont bien rattrapés. 10%.

Quentin Becht, indéfectible soutien, irremplaçable énormité. En plus, il a corrigé la thèse. Neila et µbecht ne sont pas en reste.

Jérôme Laurent nous apporte beaucoup par sa vision éclairée et sa capacité fédératrice, la version infirmière d'Alphadiag lui devra beaucoup.

Merci aux lyonnais : Cynthia, dont la cuisine a souvent servi de salle de réunion, Marie et Julien, pour les clous gamma et la permaculture, Aude et Franck, Léo, Bahar, Bénédicte, Quentin, et Violette.

Et bien sûr : Blandine, Bernard, Marie, Martin, Camille, Geneviève, Pierre, Monique, Adèle, Rosalie, Rosy, Olivier, Marie, Marian Seidowsky dit *Manfred*, Denis, Guillaume, Jean-Emmanuel, Étienne...

Déclaration de conflit d'intérêt

Je suis un des deux fondateurs, détenteur à 50% et directeur général de la société Dedicated Learning, qui développe le logiciel Alphadiag. Je n'ai pas de lien d'intérêt avec l'industrie des produits de santé.

Liste des abréviations

2D	deux dimensions
3D	trois dimensions
ACLS	Advanced Cardiac Life Support
ANEMF	Association Nationale des Étudiants en Médecine
AVC	Accident Vasculaire Cérébral
CHEC	Canadian Healthcare Education Commons
CESC	Collaboration pour l'éducation en santé au Canada
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CIM	Classification Internationale des Maladies
CISP	Classification Internationale des Soins Primaires
CNGE	Collège National des Généralistes Enseignants
CPR	cardiopulmonary resuscitation
CSS	Cascading Style Sheets
DU	diplôme universitaire
DI-RHM	Données Infirmières du Résumé Hospitalier Minimum
DIU	diplôme interuniversitaire
DKA	diabetic ketoacidosis
DPC	Développement Professionnel Continu
ECG	électrocardiogramme
ECN	Examen Classant National
ECNi	Examen Classant National informatisé
ECOS	Examen Clinique Objectif Structuré
ED	Emergency Department
EGFM	États Généraux de la Formation Médicale
EMS	Emergency Medical Service
FUN	France Université Numérique
HAS	Haute Autorité de Santé
HFME	Hôpital Femme-Mère-Enfant
HTML	Hypertext Markup Language
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
ISEI	Institut supérieur d'enseignement infirmier

ISPED	Institut de Santé Publique, d'Épidémiologie et de Développement
IVIMEDS	International Virtual Medical School
JISC	Joint Information Systems Committee
LMS	Learning Management System
MOOC	Massive Open Online Courses
NTIC	Nouvelles Technologies de l'information et de la Communication
PALS	Pediatric Advanced Life Support
PMSI	Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information
QCM	Question à Choix Multiples
QCS	Question à Choix Simple
QROC	Question à Réponse Ouverte Courte
RCM	Résumé Clinique Minimum
SAAS	Software as a Service
SAMSEI	Stratégies d'Apprentissage des Métiers de Santé en Environnement Immersif
SAS	Société par Actions Simplifiée
SEGAMED	Serious Game en Médecine et Santé
SIDES	Système Informatique Distribué d'Évaluation en Santé
SMUR	Service Médical d'Urgence et de Réanimation
SP	Standardized Patient
TCS	Test de Concordance de Script
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TICE	Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement
TUSK	Tufts University Sciences Knowledgebase
UCL	Université Catholique de Louvain
UMVF	Université Médicale Virtuelle Francophone
UNF3S	Université Numérique Francophone des Sciences de la Santé et du Sport

Sommaire

Introduction	12
1 Pédagogie	15
1.1 La pédagogie active	15
1.1.1 Les débuts de l'école nouvelle	15
1.1.2 Évolution au xx ^e siècle	16
1.1.3 Le paradigme d'apprentissage	19
1.1.4 Évaluation des étudiants et des formations	20
1.2 E-learning	21
1.2.1 Historique	21
1.2.2 Définition	22
1.2.3 Avantages et inconvénients	22
1.2.4 Implémentation	24
1.2.5 Perspectives	25
1.3 La simulation	26
1.3.1 Définition	26
1.3.2 Intérêt	26
1.3.3 Implémentation	28
1.4 Pédagogie médicale	30
1.4.1 Le raisonnement clinique	30
1.4.2 Conséquences sur la formation médicale	31
2 État de l'art des patients virtuels	34
2.1 Introduction	34
2.2 Méthode	35
2.3 Résultats	37

2.3.1	Intérêt	37
2.3.2	Objectifs pédagogiques	38
2.3.3	Modes d'usage	39
2.3.4	Public	40
2.3.5	Narration	40
2.3.6	Typologie	41
2.3.7	Précision sur différents choix de conception	47
2.3.8	Création de cas	49
2.3.9	Feedback	51
2.4	Discussion	52
3	Alphadiag	54
3.1	Projet	54
3.2	Périmètre fonctionnel	57
3.3	Fonctionnement	59
3.4	Historique	62
3.4.1	Le projet	62
3.4.2	Aspects techniques	64
3.5	Création de cas	65
3.6	La base de données	66
3.6.1	Interrogatoire	66
3.6.2	Examen clinique	67
3.6.3	Diagnostics	69
3.6.4	Actes et prescriptions	70
3.6.5	Environnements	70
3.7	Évaluation et usages	71
3.8	Perspectives	72
3.8.1	Apparence et ergonomie	72
3.8.2	Nouvelles fonctionnalités	73
	Conclusion	75
	Lexique	77

Bibliographie	89
Annexes	98
A Ressources pédagogiques	98
B Évolution de l’interface	109
C Exemple d’un cas	113

Table des figures

1.1	Différentes méthodes de simulation	29
2.1	Schémas narratifs des patients virtuels	41
2.2	Exemple de cas linéaire	42
2.3	Exemple de cas ramifié	43
2.4	Exemple de simulateur exploratoire	44
2.5	Exemple de cas de type déchocage	45
2.6	Exemple de cas en 3D	46
2.7	Exemple de cas multijoueur	47
3.1	L'interface du simulateur	56
3.2	Déroulement d'une requête	59
3.3	Conclusion de la consultation	60
3.4	Formules de calcul des scores	61
3.5	Analyse des actions de l'apprenant par étape	61
3.6	Courbe en I, courbe en J et courbe de Gauss	80

Liste des tableaux

2.1	Modalités pédagogiques et apprentissages	38
3.1	Temps pour la création de cas	65

Introduction

La formation médicale est singulière de multiple façons. De part son public : des adultes, en formation initiale puis en formation continue ; de part son objet : la santé, au cœur des préoccupations de notre société et des politiques publiques, avec d'immenses enjeux sociétaux et économiques ; de part sa durée : dix ans de formation initiale, une vie de formation continue ; de part ses modalités : une formation à la fois universitaire et hospitalière, avec une forte tradition de compagnonnage ; enfin de part l'abondance de la recherche pédagogique qui s'y rapporte. Deux évolutions majeures ajoutent à l'ébullition habituelle de la pédagogie médicale : le e-learning*¹ et la simulation*.

Le e-learning est défini comme « *l'utilisation des nouvelles technologies multimédias et de l'Internet, pour améliorer la qualité de l'apprentissage en facilitant l'accès à des ressources et des services, ainsi que les échanges et la collaboration à distance* » [1]. Il a déjà profondément changé la perspective sur l'éducation au niveau mondial en autorisant un accès massif à l'information [2]. À tel point qu'on a pu comparer l'apparition du numérique et d'Internet à l'invention de l'écriture et de l'imprimerie.

Nous verrons que le e-learning présente en effet un intérêt pédagogique important : il permet à l'étudiant d'être acteur de sa formation. Il lui permet de se former à son propre rythme, avec des modalités variées et souvent du feedback* personnalisé. Il offre aux enseignants des possibilités de suivi précis de chaque étudiant. Les supports de formation sont pérennes et actualisables [3][4].

Il permet également de relever le défi de former plus d'étudiants sans faire exploser les contraintes pratiques et budgétaires. Le passage en France du

1. Les termes suivis d'un astérisque sont définis dans le lexique p. 77.

numerus closus à l'entrée des études de médecine de 3 500 en 1992 à 7 492 en 2013 (+ 114% en 21 ans) [5], donne une idée de l'ampleur du défi pour les universités. Garantir la qualité de la formation dans ces conditions n'est pas une mince affaire.

Les environnements numériques de travail, les universités virtuelles comme l'*Université Numérique Francophone des Sciences de la Santé et du Sport (UNF3S)*^{rp 2}, les diplômes d'université à distance [6], les wiki, blogs, podcasts [7] et autres MOOC* ont l'ambition d'offrir le moyen de proposer un enseignement de grande qualité au plus grand nombre.

La simulation s'impose également comme un moyen privilégié d'éducation médicale. Elle permet aux étudiants de s'entraîner dans un environnement réaliste, de manière ludique, ce qui est loin d'être négligeable. Les apprenants peuvent visualiser les conséquences de leurs actions et apprendre par l'erreur sans risque ni anxiété.

La simulation s'impose aussi pour des raisons éthiques par la possibilité de réduire les risques d'aléas thérapeutiques. Et même en l'absence de danger, il est de moins en moins acceptable, quand on dispose d'alternatives, que les patients servent de manière indiscriminée à l'entraînement des étudiants.

Le transport aérien offre un exemple d'activité autrefois à haut risque ayant réussi à devenir une activité aujourd'hui considérée comme extrêmement sûre. Une grande partie de ces progrès, même si c'est dur à prouver, est attribuée à la simulation.

Même si cet exemple n'est bien sûr pas transposable directement à la formation médicale, il incite fortement à se préoccuper de simulation en santé. Là où on disait *see one, do one, teach one*, on dit aujourd'hui *jamais la première fois sur le patient*. C'est pourquoi mannequins haute-fidélité, patients standardisés, simulateurs* tactiles ou procéduraux et environnements en trois dimensions (3D) sont de plus en plus utilisés [8].

2. La liste des ressources pédagogiques répertoriées pour ce travail de thèse est disponible en annexe. Dans le texte, les ressources sont affichés *ressource pédagogique*^{rp}.

Les patients virtuels se trouvent à la croisée de la simulation et du e-learning. Ils sont définis comme « *une simulation informatique interactive de scénarios cliniques réels ayant pour but l'enseignement, l'entraînement ou l'évaluation* des professionnels de santé* » [9]. Ayant développé Alphadiag, un simulateur virtuel, à l'issue de ma formation initiale de médecin généraliste, j'ai voulu faire le point sur ce domaine de la pédagogie médicale.

Ma première partie sera consacrée à définir un certain nombre de concepts pédagogiques qui peuvent paraître éloignés du sujet de cette thèse. Il est pourtant indispensable de placer la réflexion pédagogique à l'initiative et au cœur de ce travail pour éviter — comme il est très facile quand on est motivé par le développement technique d'un produit — de se laisser porter par les possibilités techniques et de les faire passer avant l'intérêt réel pour la formation. Le but de cette partie sur la pédagogie n'est donc pas d'être exhaustif mais plutôt de préparer la réflexion pour les deux parties suivantes en se familiarisant avec les principaux concepts utilisés.

Dans la seconde partie, j'ai réalisé un état de l'art des patients virtuels existants. De nombreux systèmes existent — cas linéaires, ramifiés, exploratoires, déchocage, 3D, multijoueurs — parmi lesquels il n'est pas facile de s'orienter. Je tente de clarifier les caractéristiques et possibilités des différents types de systèmes.

Dans la troisième partie, je décris le processus de développement de notre simulateur en ligne de type de type exploratoire, à requêtes en langage naturel, adapté à la médecine générale : le logiciel *Alphadiag*.

Chapitre 1

Pédagogie

1.1 La pédagogie active

1.1.1 Les débuts de l'école nouvelle

À la jonction des XIX^e et XX^e siècle, quand Dewey place l'expérience au centre de l'apprentissage, l'idée du *learning by doing*¹ n'est pas tout à fait nouvelle. Rousseau plaçait déjà l'action au cœur de l'action pédagogique. Cette époque va cependant voir l'essor sans précédent de l'école nouvelle et ses différents courants, représentés par Ferrière, Montessori ou Freinet, pour ne citer qu'eux.

Difficile de résumer en deux mots ce que représente toute la pensée du courant de l'école nouvelle. Dewey met bien en garde contre la tentation de ne la définir que par opposition avec l'éducation traditionnelle, qu'il définit ainsi : « Leur lot [aux élèves], inéluctable, est d'apprendre comme celui des Six Cents de la Brigade légère était de mourir². Apprendre, c'est à dire acquérir ce qui est dans les livres et dans la tête des aînés. De plus, ce qu'on enseigne ainsi est conçu comme statique ; on l'introduit dans les esprits comme une chose inerte, dont le cycle, si elle en eut un, est révolu, sans se soucier beaucoup de savoir quelle fut son origine et sa croissance, comment aussi, dans l'avenir, elle se

1. Apprendre en faisant

2. *Their's not to reason why, Their's but to do and die.* A Tennyson, The charge of the light Brigade.

modifiera. »

Dewey place l'expérience au centre de tout apprentissage. L'éducation n'a pas pour but de transmettre des connaissances issues du passé mais de préparer des citoyens à l'exercice de leur vie, actuelle et future. Pour lui, la philosophie de l'éducation est indissociable du projet de société. Dans un pays prônant la liberté et la démocratie, l'école doit s'inspirer de ces principes [10]. Je crois important pour la suite d'insister sur un point. Dewey trouve démoralisant qu'on puisse prétendre « d'abord *choisir les sujets d'enseignement et puis, ensuite, les rendre intéressants.* » Les sujets doivent plutôt être choisis et présentés en fonction de leur intérêt réel pour l'apprenant, et non rendus intéressants via quelque artifice destiné à retenir l'attention [11]. C'est là un fourvoiement dont le serious game* et la gamification* doivent se méfier.

1.1.2 Évolution au xx^e siècle

En 1935, Tyler propose de définir les objectifs pédagogiques* en termes de comportement observable.

En 1949, Bloom introduit sa taxonomie des objectifs (objectifs de maîtrise : connaissance et compréhension ; objectifs de transfert : application, analyse, synthèse et évaluation).

En 1954, Skinner introduit l'enseignement programmé puis les machines à apprendre : des programmes d'apprentissage algorithmiques, structurés et individualisés où l'apprenant peut progresser à son rythme. Tant que les objectifs d'une séquence ne sont pas acquis, il n'est pas possible de passer au niveau supérieur. Pour lui, l'enseignant ne peut pas se satisfaire d'un rôle de répétiteur, car il y est moins bon que les machines. Il montre même que le rôle de la relation affective entre le maître et l'élève dans un tel enseignement est en réalité plutôt délétère. Piaget insiste :

Mais ces machines nous paraissent au contraire rendre d'abord le grand service de démontrer sans réplique possible le caractère mécanique de la fonction du maître, telle que la conçoit l'enseignement traditionnel : si cet enseignement n'a pour idéal que de faire correctement répéter ce qui a été correctement exposé il va de soi que

la machine peut remplir correctement ces conditions [12].

En 1962, apparait la pédagogie par objectifs de Mager. L'objectif doit décrire le comportement observable après apprentissage, les conditions de réalisation du comportement et la performance minimale à atteindre. La remédiation* y joue un rôle essentiel.

En 1967, Scriven formalise l'évaluation* formative, qui doit informer l'enseignant et l'apprenant sur les progrès de ce dernier, mais aussi apporter des informations sur sa démarche. Elle est définie par opposition à l'évaluation sommative, servant au classement ou à la sélection. Il demande de répondre à la précision des objectifs pédagogiques par la précision des critères d'évaluation.

En 1971, Bloom et Carroll définissent la pédagogie de la maîtrise* (*mastery learning*) qui met l'accent sur l'évaluation formative, le feedback et la remédiation. Ses principes sont :

1. Définir précisément, en terme de comportement observable prouvant l'apprentissage, les objectifs à atteindre en proposant des critères de maîtrise extrêmement clairs.
2. Identifier précisément les prérequis.
3. Évaluer exactement le niveau de départ des élèves avant le début de chaque leçon.
4. Mettre tout le monde au même niveau (maîtrise des prérequis) avant de commencer (activités d'apprentissage individualisées).
5. Dispenser la leçon.
6. Vérifier à la fin de celle-ci quels sont les acquis réels des élèves en fonction des objectifs poursuivis.
7. Identifier les élèves qui n'ont pas atteint le niveau de maîtrise prévu.
8. Combler immédiatement le retard par des cours spéciaux qui portent le nom de remédiation afin que chacun se présente au début de la leçon suivante sans handicap.

Elle a pu être critiquée pour son aspect mécanique, fortement inspirée d'un behaviorisme* strict. Elle évoluera en Europe vers la pédagogie différenciée.

La pédagogie différenciée apparaît en 1970 avec Legrand. Elle se propose d'évaluer les processus d'apprentissage et de différencier le traitement pédagogique en fonction des caractéristiques de chacun, pour permettre une adaptation à la situation individuelle de chaque apprenant, avec ses différences socio-culturelles, cognitives, psychologiques et ses représentations de la situation de formation. Elle suppose de la part de l'enseignant un rôle d'expert pédagogique, capable de jongler avec les différents concepts pédagogiques en fonction des besoins. Le choix des méthodes repose sur le ratio enseignant/étudiant, le nombre de salles disponibles dans la faculté, la présence d'un enseignement intégré ou par disciplines, une approche par connaissances ou par compétences*, un enseignement magistral ou par petits groupes [13].

En 1990, Nunziati formalise l'évaluation formatrice*, résultat d'une expérience menée entre 1974 et 1977 dans un lycée marseillais. Elle « *pose comme point de départ que les instruments privilégiés de la construction des apprentissages sont l'appropriation par les élèves des critères d'évaluation des enseignants, l'autogestion des erreurs* et la maîtrise des processus d'anticipation et de planification de l'action.* » Elle nécessite de :

- « *préciser de manière drastique les critères d'évaluation,*
- *entreprendre un travail d'appropriation de ces critères d'évaluation par [les] élèves : par exemple, distribuer, avant le travail, des copies déjà corrigées d'un groupe différent (rédactions par exemple), puis effectuer avec les élèves, une analyse des corrections de ces copies.*
- *s'astreindre pour chaque copie que l'on rend à fournir un commentaire comportant autant de point positifs que de points négatifs.*
- *faire construire individuellement par chaque élève une carte d'étude du type [Que dois-je faire ?/Comment je vérifie que c'est bien fait ?] » [14]*

L'évaluation formatrice nous intéresse, bien qu'elle ne fasse aucunement appel aux nouvelles technologies, en tant que méthode pédagogique aux résultats spectaculaires mais peu utilisée du fait de la charge de travail occasionnée aux enseignants. Elle suggère que l'utilisation du numérique peut aider l'enseignant à s'affranchir des tâches répétitives et lui permettre de mettre en œuvre d'excellentes méthodes pédagogiques.

1.1.3 Le paradigme d'apprentissage

Le paradigme d'apprentissage* est devenu aujourd'hui un concept majeur de la pédagogie médicale [15][16]. Voici comment le définit Presseau :

Le paradigme d'enseignement vise essentiellement l'acquisition de connaissances, sans se préoccuper d'une part du sens accordé par les élèves à ces dernières, ni, d'autre part, des possibilités qu'ils puissent les réutiliser dans d'autres contextes, que ce soit à l'école ou dans la vie courante. Peu d'intérêt est accordé au bagage de connaissances que possèdent déjà les élèves ; l'important est de faire en sorte que la plupart aient couvert les différents programmes d'études au terme de leur année scolaire. [...]*

En revanche, le paradigme d'apprentissage cherche à permettre aux élèves de répondre à des questions complexes, de créer des liens et de développer des compétences qu'ils pourront transférer à d'autres situations. Étant donné l'importance que revêtent les acquis antérieurs des élèves dans la construction de nouvelles connaissances et dans le développement de nouvelles compétences, ces acquis sont constamment mis à contribution afin d'être raffinés, complexifiés, mais parfois aussi déconstruits.

La réalisation de projets, de recherches et la résolution de problèmes qui interpellent directement les élèves sont parmi les activités de classe les plus valorisées et les plus susceptibles de permettre le développement de compétences. [...] La logique qui prévaut n'est plus celle des disciplines mais plutôt celle des compétences. Ces dernières peuvent ainsi fréquemment impliquer la mobilisation de ressources qui proviennent de plusieurs disciplines, qui les transcendent ou qui les lient [17].

Pour Le Beux, « les caractéristiques des environnements pédagogiques cohérents avec le paradigme d'apprentissage sont essentiellement : l'authenticité des situations d'apprentissage, la transdisciplinarité, les interactions constantes entre la théorie et la pratique, l'intégration des évaluations aux situations d'apprentissage » [13].

L'apprentissage par problème s'inscrit aisément dans le paradigme d'apprentissage. Il a été un moteur majeur de réforme des études médicales. Le concept a été utilisé initialement dans des universités américaines dans les années 50 et 60. Il se différencie de l'apprentissage par la découverte, où les étudiants résolvent un problème en échangeant des informations avec leurs collègues, sans référence à des sources externes. Il se différencie également de l'étude de cas, où les étudiants utilisent du savoir acquis précédemment. L'idée est que le savoir émerge *du fait* de travailler sur un problème, plutôt que d'être un prérequis *pour* le travail sur le problème [18][19].

L'introduction dans les cursus des facultés de médecine de Rouen et Rennes de l'apprentissage par problème [20] s'est faite avec quatre objectifs :

- motiver l'étude,
- développer le raisonnement clinique,
- structurer la connaissance par une contextualisation clinique,
- développer l'aptitude à apprendre seul.

1.1.4 Évaluation des étudiants et des formations

L'évaluation est une composante importante de l'enseignement. Les étudiants, intelligemment, adaptent leur apprentissage de manière à réussir aux évaluations. Les moyens d'évaluation doivent donc correspondre exactement aux objectifs fixés par les enseignants [21]. Dans le cas contraire, on n'a plus qu'à se plaindre du bachotage des étudiants.

La capacité d'autoévaluation est une composante essentielle de la pédagogie active*, et une compétence indispensable aux médecins qui devront se former durant toute leur vie professionnelle. Il est essentiel de proposer des outils permettant aux étudiants de s'évaluer et d'apprendre à mieux juger leurs propres performances [22].

Kirkpatrick a proposé quatre étapes dans l'évaluation d'un programme de formation : 1. évaluation des réactions de l'apprenant, 2. des apprentissages réalisés, 3. de la modification des comportements et 4. des résultats [23].

L'évaluation porte sur les procédures et les résultats, dit Llorca [24]. L'évaluation des procédures peut porter sur l'institution, la qualité de l'information

véhiculée, la cohérence du programme pédagogique et les moyens et méthodes (dont le formateur lui-même).

L'évaluation des résultats peut se baser sur l'opinion des formés (niveau 1 de Kirkpatrick), les connaissances (niveau 2) et aptitudes (niveau 3) acquises et les répercussions sur la santé individuelle et publique (niveau 4). L'évaluation de l'opinion des formés doit tâcher de recueillir de multiples critères de qualité du cours en évitant l'écueil de la simple satisfaction des formés, qui peuvent être très satisfaits d'un cours spectaculaire duquel ils n'ont rien retenu. L'évaluation des conséquences sanitaires est en général malheureusement hors de portée tant les facteurs en jeu sont multiples. Pour ce qui est de l'évaluation des aptitudes, les modalités habituelles d'examen sont bien adaptées à l'évaluation des objectifs de maîtrise* (connaissance, compréhension). Les outils de simulation sont plus adaptés aux objectifs de transfert* (analyse, synthèse, évaluation).

1.2 E-learning

1.2.1 Historique

Les supports de l'information comme de la formation ont évolué avec l'histoire humaine, du corpus hippocratique à l'*UNF3S*^{rp} : transmission orale, manuscrite, imprimée, radio, télévision, internet... Dès le début du XX^e siècle, des films médicaux ont été produits à destination des médecins (*Diagnostic procedures in tuberculosis*^{rp}) ou du public (*Cloud in the sky*^{rp}) [21]. Le premier film médical, *la visite du major*, mettrait en scène un médecin militaire examinant trois soldats, et aurait été tourné à Lyon en 1896 [25].

Les supports interactifs* sont également anciens. En 1920, Pressey, un psychologue américain, expérimente un appareil d'évaluation qui présente à l'apprenant un questionnaire à choix multiple. L'étudiant doit presser un bouton pour choisir sa réponse. En cas de bonne réponse, la machine passe à la question suivante. En 1945, Skinner présente à son tour une machine à enseigner et développe l'enseignement programmé.

Certains craignent que ces outils ne viennent affaiblir ou remplacer les rela-

tions humaines. Pourtant, il n'y a pas plus de raison de s'opposer à l'utilisation de l'informatique dans la formation des médecins que de refuser l'utilisation de livres. Il ne s'agit que d'outils qui ne valent que par l'utilisation qu'on en fait. Cela dit, accepter le principe d'utilisation des logiciels informatiques dans la formation médicale ne doit certes pas empêcher d'être vigilant sur la place que prennent ces outils et les impacts qu'ils peuvent avoir.

1.2.2 Définition

Le e-learning est défini par la commission européenne comme « *l'utilisation des nouvelles technologies multimédias et de l'Internet, pour améliorer la qualité de l'apprentissage en facilitant l'accès à des ressources et des services, ainsi que les échanges et la collaboration à distance* » [1].

Le numérique permet donc de mettre en place des formations distancielles* et d'enrichir le présentiel*, les deux modalités étant idéalement intégrées de manière complémentaire dans le cursus de formation. On a alors un enseignement mixte (ou *blended-learning**) [26].

1.2.3 Avantages et inconvénients

Voici une liste des avantages et inconvénients du e-learning [3][20]. Certains arguments s'appliquent en fait plus au distanciel qu'au e-learning proprement dit.

Pour l'étudiant :

Avantages

- l'étudiant est acteur de sa formation,
- interactivité et attractivité du contenu,
- accès à de nombreuses ressources variées, possibilité de choisir les plus adaptées à son niveau, son style d'apprentissage et son goût,
- formation à son propre rythme indépendamment des autres étudiants,
- possibilité d'échanges synchrones et asynchrones avec le groupe et l'enseignant,

- auto-évaluation en cours et en fin de cursus.

Inconvénients

- appréhension de l’outil informatique, réticence face aux nouvelles technologies,
- gestion de son autonomie car pas de cadre de travail imposé,
- gestion de sa motivation et de son implication dans sa formation e-learning, effort de concentration,
- pas de contacts directs avec le formateur (sauf en cas de formation blended learning*).

Pour l’enseignant :**Avantages**

- formation de masse (nombre d’étudiants illimité),
- moindre cout,
- individualisation et ajustement des parcours de formation suivant les compétences et les objectifs pédagogiques prédéfinis,
- contraintes logistiques réduites,
- suivi précis des étudiants,
- possibilité d’échanges synchrones et asynchrones avec l’étudiant,
- possibilité d’étudier la stratégie d’apprentissage de l’étudiant (historique des actions de formation),
- supports de formation pérennes et actualisables,
- formation sur des outils interactifs et attractifs pour lui et les apprenants.

Inconvénients

- personnels et institutions parfois mal informés et frileux face aux nouvelles technologies,
- pas de contrôle sur la motivation, l’implication et la gestion de leur formation par les apprenants,
- investissement en matériel informatique et en logiciels,
- contenus e-learning parfois difficiles à concevoir pour des formations dans des domaines très pointus,

- pas de contacts directs avec l'apprenant (sauf en cas de formation blended learning),
- transformation du rôle de sachant en rôle de chef d'orchestre,
- passage d'une communication majoritairement orale à écrite.

1.2.4 Implémentation

La commission européenne a la volonté, au travers notamment du plan eLearning,

- de développer les moyens (matériels et logiciels) de l'apprentissage à l'aide du numérique,
- d'utiliser les apports des nouvelles technologies pour repenser les systèmes éducatifs,
- de mieux former la population et réduire les inégalités de formation et d'accès à l'apprentissage [27].

Le rapport du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche de Jean-Michel Fourgous sur le e-learning montre aussi des attentes importantes et l'ambition d'accompagner et utiliser cette révolution technique [28].

L'intégration de l'outil numérique ne se fait pas sans peine et doit être bien pensée afin de déboucher sur de réelles avancées pédagogiques. En 1996, Friedman citait déjà les raisons qui pouvaient faire obstacle à l'apport d'Internet dans la formation médicale [29]. Certains, concernant l'intégration pédagogique, sont toujours d'actualité. On peut y voir en creux des propositions de bonnes pratiques.

- L'enseignement assisté par ordinateur n'est pas complètement intégré au cursus malgré la reconnaissance de l'intérêt et de la qualité des outils. La réflexion sur l'intégration des logiciels au cursus est moins avancée que la réflexion sur la conception des logiciels eux-mêmes. Malgré les nombreux travaux de recherche en pédagogie, l'intégration dans les cursus est très longue, elle nécessite l'adhésion et la formation des responsables comme des enseignants et il reste un décalage entre les vœux exprimés par les acteurs en congrès et la réalité sur le terrain [30][31]. C'est facilement compréhensible, les multiples contraintes de la mise en pratique ayant

toujours besoin de temps pour intégrer les nouvelles théories.

- Il n’y a pas de standard uniforme d’évaluation des programmes d’enseignement assisté par ordinateur.
- Les critères d’évaluation ne correspondent pas aux compétences enseignées par ces programmes, les examens évaluent encore beaucoup les connaissances factuelles, plus faciles à tester, donc les étudiants se concentrent, parfois à contre-cœur, sur ce type d’apprentissage au détriment des programmes informatiques.
- Les programmes informatiques n’exploitent pas les possibilités interactives, visuelles et d’apprentissage de la résolution de problème.
- la conception pédagogique des programmes laisse à désirer : les programmes nécessitent des compétences techniques élaborées, les équipes de développement ne peuvent que rarement impliquer des experts médecins et pédagogues à toutes les étapes de la conception des programmes.
- les programmes ne sont pas maintenus dans la durée.

D’autres problèmes soulevés, concernant surtout l’aspect technique, sont moins valables aujourd’hui : insuffisance d’équipement informatique et réseau, ergonomie des postes de travail et hétérogénéité du matériel. On a aujourd’hui encore plus qu’hier une grande diversité d’outils (smartphones, tablettes, ordinateurs...) mais l’émergence des standards HTML5, javascript, CSS, et du responsive design* permet de proposer des contenus web pouvant être lus sur la plupart des plateformes.

1.2.5 Perspectives

Une grande partie de l’enseignement médical restait jusqu’à aujourd’hui présentiel, voire mixte (*blended learning*). L’*Université Médicale Virtuelle Francophone (UMVF)*^{rp} est conçue comme un support au présentiel et non comme un outil d’enseignement indépendant. Il existe quelques expériences d’enseignement à distance : le *diplôme interuniversitaire (DIU) d’étude approfondie des polyarthrites et maladies systémiques*^{rp}, le *Campus Numérique de Santé Publique*^{rp} de l’Institut de Santé Publique, d’Épidémiologie et de Développement (ISPED) [6], les *Actualités Claude Bernard*^{rp}. Les nouvelles règles du

Développement Professionnel Continu (DPC) prennent en compte la possibilité de formations entièrement à distance.

Aujourd'hui, il semble bien que l'informatique, et surtout Internet, doivent précipiter cette évolution que les pédagogues appellent de leur vœux depuis au moins un siècle. Le succès du e-learning a permis l'apparition de la classe inversée (*flip education*). Le schéma d'éducation classique comporte une phase passive d'acquisition de connaissances face à l'enseignant, suivi d'une phase active de mise en pratique par des exercices seul chez soi. Dans la classe inversée, la phase passive a lieu à la maison : lectures, vidéos, podcasts... ; suit une phase active de mise en pratique en présence du professeur. Certaines facultés ont commencé à implémenter l'éducation inversée entre autre pour faire face à l'afflux d'étudiants [32].

1.3 La simulation

1.3.1 Définition

« Le terme simulation en santé correspond à l'utilisation d'un matériel (comme un mannequin ou un simulateur procédural), de la réalité virtuelle ou d'un patient standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soin, dans le but d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de répéter des processus, des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels »³.

1.3.2 Intérêt

Les terrains de stage hospitaliers sont hétérogènes et n'offrent pas toujours de bonnes situations d'enseignement : défaut d'encadrement, organisation inadaptée des services, respect du patient et qualité des soins sont parfois incompatibles avec les intérêts des étudiants. Les étudiants ont également besoin de se confronter à des situations particulières avant qu'ils ne les rencontrent chez

3. Définition de la Chambre des représentants des États-Unis d'Amérique, 111th congress 02-2009, cité par [8]

de vrais patients : soit que ces situations soient rares (dissection aortique), soit qu'elles ne se prêtent pas facilement à l'enseignement (urgences vitales).

Kamin, O'Sullivan, Deterding et Younger confirment qu'il existe une inadéquation entre l'offre de formation et les besoins des étudiants. Ils prennent trois exemples issus de la formation en pédiatrie : d'abord les étudiants ne sont pas exposés aux mêmes maladies épidémiques selon la saison, alors qu'ils doivent toutes les maîtriser. Deuxièmement, les internes n'ont pas le temps de devenir compétents dans certains domaines durant leur internat (maltraitance, maladies génétiques, médecine des adolescents). Troisièmement, l'enseignement se fait de plus en plus en milieu ambulatoire, ce qui augmente l'exposition aux pratiques de soin primaire, mais rend difficile l'établissement d'un cursus uniforme [33].

L'évaluation doit à la fois être à la fois valide, donc basée sur des situations authentiques*, et reproductible ; ce que ni les terrains de stage ni les examens traditionnels ne peuvent apporter.

On peut enfin ajouter que l'apprentissage au lit du malade, si il est stimulant, interdit l'apprentissage par l'erreur et peut générer des situations angoissantes quand l'étudiant a le sentiment de manquer de maîtrise. Il n'est pas possible de rejouer ou d'arrêter le cours d'un événement pour l'analyser. Du fait des conséquences toujours sérieuses du travail avec les vrais patients, les critiques peuvent être difficiles à émettre comme à recevoir, ce qui gêne aussi l'apprentissage du travail en équipe.

En résumé : « *l'enseignement au lit du malade ne peut pas être exclusif, du fait de l'incomplétude de la connaissance ainsi acquise et pour des raisons éthiques liées aux droits de la personne* » [20].

Comme l'ont montré les évaluations et la comparaison avec d'autres domaines — aéronautique, marine marchande, nucléaire —, la simulation répond à ces besoins. En effet elle autorise [8][20][34][35] :

- de se former en environnement contrôlé,
- avec des cas essentiels ou rares, avec exposition de tous les étudiants au même noyau de patients, quels que soient le service ou la population de patients,
- de manière active,

- sans risque,
- en ayant le droit à l’erreur.

Elle permet l’évaluation :

- sur des situations complexes* réalistes,
- avec présence d’un feedback immédiat sur les actions,
- et possibilité de sessions répétées.

Elle offre :

- l’apprentissage de gestes techniques,
- la dédramatisation de situations angoissantes,
- la possibilité de gagner en confiance en soi,
- l’apprentissage du travail en équipe de manière sereine.

L’évaluation basée sur la simulation peut donc révolutionner l’évaluation de la compétence clinique. On peut penser que le système de santé va suivre l’exemple de l’industrie du transport aérien et maritime, du nucléaire et de l’armée, faisant des entraînement et de l’évaluation en simulation une partie intégrante de la formation, de l’évaluation et de la pratique afin qu’on puisse exiger que l’apprentissage ne se fasse *jamais la première fois sur le patient* [8].

1.3.3 Implémentation

De nombreuses formes de simulations sont possibles, qu’on peut répartir en trois groupes : organique, synthétique et numérique, plus des formes hybrides. La simulation organique comprend la simulation sur animaux, sur cadavre, avec des patients standardisés (acteurs spécialement entraînés pour jouer une situation clinique de manière reproductible) et les jeux de rôles. La simulation synthétique comprend les simulateurs procéduraux (apprentissage de technique : pose de perfusion, de voie veineuse centrale, intubation...), les simulateurs haptiques (simulateur de laparoscopie), les mannequins haute-fidélité *pleine échelle* (mannequins pilotés par informatique). La simulation numérique inclue la réalité virtuelle (casques type Oculus Rift), les environnements 3D (comme *Second Life*^{rp}) et les patients virtuels. Les simulateurs hybrides incluent plusieurs modalités : mannequins et jeu de rôle pour les mannequins haute-fidélité avec environnement réaliste (consultation simulée), acteur et si-

mulateur procédural (par exemple pour mimer un accouchement), dispositif haptique et réalité virtuelle (soins dentaires sur dents virtuelles avec manettes à retour de force, patient virtuel et examen des seins avec *Diana*^{rp}, simulateur d'échographie...) [8][36]. La figure 1.1 synthétise les différentes formes de simulation.

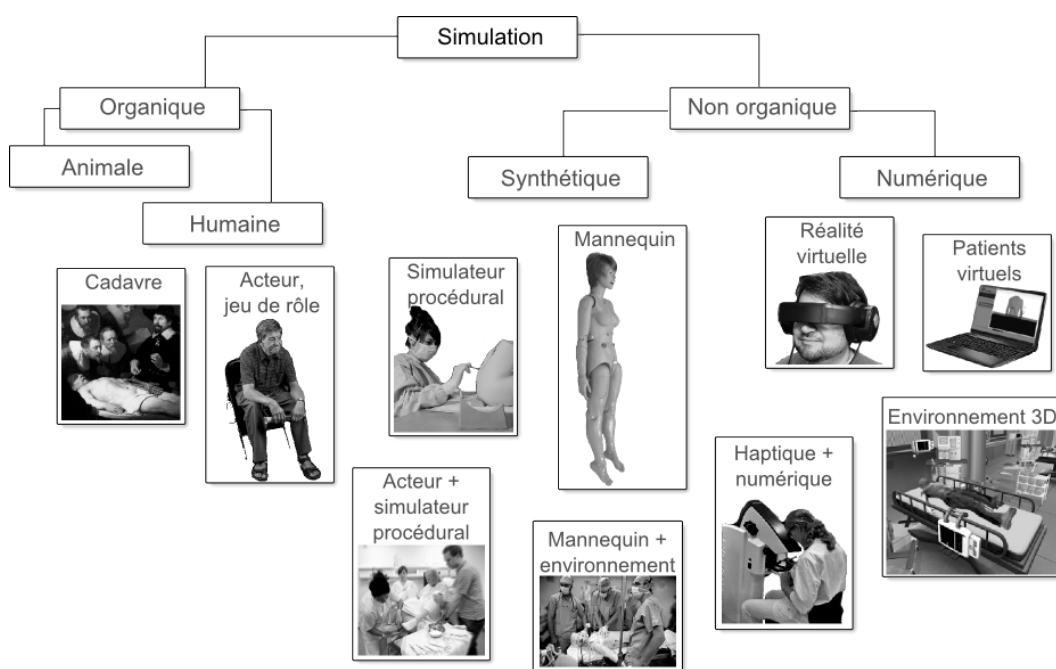


FIGURE 1.1 – Différentes méthodes de simulation (inspiré de [8])

Les récents travaux de la Haute Autorité de Santé (HAS) montrent l'intérêt porté à la simulation [8][37].

Le réalisme du simulateur est moins important que le réalisme des tâches cognitives. « *On peut parfois noter que l'hyperréalisme du simulateur n'est pas forcément un gage d'apprentissage. Ce qui est déterminant, c'est l'immersion mentale du stagiaire (au-delà même du degré de réalisme de la situation), le stagiaire devant entrer dans la situation* » [8]. « *L'important est la tâche cognitive qu'effectue le candidat et non le format de la question* » [38].

Des typologies ont été élaborées afin de mieux classer et définir ces différentes solutions [39]. Meller propose une typologie des simulateurs, dite des 4P : Patient, Procédure, Professionnel et Professeur. Chaque élément peut être

passif, actif ou interactif [39].

Le feedback et la discussion autour de la séance de simulation sont des éléments essentiels du processus. Il peut paraître évident que cette discussion doit avoir lieu en présentiel. La perte des informations non verbales incite certains à considérer que c'est la seule option valable [20]. Cependant, le remplacement d'un travail en petit groupe par un groupe virtuel peut parfois présenter des avantages. Le fait de devoir partager sa pensée par écrit plutôt que par oral peut promouvoir une pensée en profondeur au sein du groupe [33].

1.4 Pédagogie médicale

1.4.1 Le raisonnement clinique

On considère actuellement que les médecins acquièrent leur expertise clinique en écoutant, analysant et organisant des histoires de patient. La formation médicale a intégré cette hypothèse en exposant les étudiants au plus grand nombre possible de patients ou de cas cliniques, tout au long de leur formation [40]. Comme le disent Cook et Triola :

« Le raisonnement clinique est l'application de connaissances pour collecter et intégrer l'information provenant de différentes sources pour arriver à un diagnostic et une conduite à tenir. Bien que le raisonnement clinique soit souvent perçu comme une compétence générique [...], de nombreuses données indiquent que le raisonnement clinique est attaché aux cas. La capacité à prendre en charge une douleur thoracique ne garantit pas qu'on sache gérer la prochaine, et ne démontre certainement pas la compétence pour prendre en charge une douleur abdominale ou une éruption cutanée. Des preuves de haut niveau suggèrent que le raisonnement clinique des experts utilise la reconnaissance de patterns ou de schémas cliniques plutôt que la logique ou la réflexion consciente. [...] Ce processus non-analytique (et donc l'expertise) semble se développer via la pratique d'un large éventail d'exemples et de contre-

exemples » [41]⁴.

Charlin, Bordage et Van Der Vleuten proposent quelques messages clé sur la difficile évaluation du raisonnement clinique [38] :

- Le raisonnement clinique est multidimensionnel.
- Son évaluation implique l'utilisation d'instruments complémentaires.
- La capacité à résoudre un problème clinique ne permet pas de prédire avec confiance la capacité à résoudre un autre problème.
- Il convient donc d'éviter toute longue évaluation sur un même cas et de privilégier plusieurs évaluations portant sur des cas courts.
- L'exhaustivité prédit mal le succès diagnostique. Donner trop d'importance à sa mesure favorise les cliniciens moins habiles en résolution de problème au détriment des experts.
- Il est souhaitable d'ancrer les évaluations sur des présentations de cas qui induisent de réelles activités de raisonnement clinique.
- L'important est la tâche cognitive qu'effectue le candidat et non le format de la question.
- Il est nécessaire de distinguer l'évaluation du processus de raisonnement de celle du résultat de ce raisonnement.
- Il n'y a pas d'avantage notable à utiliser des méthodes complexes d'établissement des scores*.
- Il est souhaitable d'éviter l'effet d'indice, qui mène les candidats à répondre dans une direction.
- Il est possible d'améliorer notablement la fidélité* des examens en organisant des formations pour les évaluateurs.
- Tout processus d'évaluation modifie les comportements d'apprentissage des étudiants. Il est important d'en tenir compte lors du choix d'une méthode.

1.4.2 Conséquences sur la formation médicale

L'enseignement ne peut être envisagé indépendamment :

4. La traduction est de moi

- de la conception épistémologique moderne de la médecine qui suppose une référence constante à des sources de bon niveau de preuve*. Le cours d'un enseignant est un avis d'expert (niveau 3) [24] ;
- à l'heure d'Internet et de la mondialisation de la recherche médicale, du caractère multi-sources de l'information, dont l'enseignant ne peut garantir la qualité ;
- du fait qu'on forme des médecins, amenés à se former tout au long de leur vie professionnelle, qui devront savoir trouver l'information nécessaire à leur pratique et choisir les formations adaptées.

Cela suppose de faire de l'étudiant un acteur de sa formation qui doit apprendre à trouver, sélectionner et utiliser au mieux les sources à sa disposition. On ne peut alors s'inscrire que dans le paradigme d'apprentissage [15].

- Les étudiants doivent apprendre à utiliser l'information médicale,
- dans les conditions de sa présentation aux professionnels,
- dans les conditions dans lesquelles elle leur sera utile dans leur exercice.

Les problèmes soumis à l'apprenant doivent être autant que possible similaires à des problèmes réels, pour deux raisons : s'assurer que ce qui est appris est utilisable en pratique, et favoriser l'immersion et l'implication de l'apprenant [42]. Les situations authentiques d'apprentissage sont des problèmes complexes (*ill-structured* ou *ill-defined problem*) :

- les indices nécessaires à la solution ne sont pas (tous) disponibles d'emblée ;
- la nature du problème évolue au cours de son investigation ;
- la solution n'est pas standardisée mais originale ;
- le problème ne peut pas être résolu avec un haut degré de certitude et, d'ailleurs, les experts sont souvent en désaccord quant à la meilleure solution à mettre en œuvre, même lorsque le problème peut être considéré comme ayant été résolu [15].

La simulation à l'aide d'acteurs ou de mannequins remplit en général ces conditions de manière très satisfaisante, ce qui explique son développement rapide. Son coût important et sa mise en œuvre lourde — besoin de matériel, locaux et personnels dédiés — peuvent limiter son usage.

Nous verrons dans le chapitre suivant que les patients virtuels viennent en complémentarité des mannequins, des acteurs et des jeux de rôles et forment un ajout très intéressant aux outils dont dispose la formation médicale.

Chapitre 2

État de l’art des patients virtuels

2.1 Introduction

Nous avons vu les axes d’évolution de la formation médicale actuelle : premièrement, faire de l’apprenant l’acteur central de sa formation, tout au long de sa vie professionnelle ; deuxièmement, s’inscrire dans le paradigme de l’apprentissage, avec une approche individualisée et par compétences ; troisièmement, utiliser des méthodes actives et des problèmes authentiques. Pour cela, elle a de plus en plus recours à la simulation, au e-learning, et aux patients virtuels.

Les patients virtuels sont « *une simulation informatique interactive de scénarios cliniques réels ayant pour but l’enseignement, l’entraînement ou l’évaluation des professionnels de santé* » [9]. Les systèmes existants sont nombreux et très hétérogènes, autant du point de vue technique que pédagogique, et il est difficile de s’y retrouver.

De nombreux termes différents désignent d’ailleurs les patients virtuels. On trouve notamment dans la littérature, en anglais : *virtual patient*, *case-based learning systems*, *computer-aided simulations of the clinical encounter*, *interactive patients*, *computerized clinical patient problems*, *patient simulation by computer*, *patient simulations*, *virtual patient simulator*, *patient management problem*, *moulages* ; en néerlandais : *virtuele patiënt* ; en allemand : *virtuelle*

Patient ; en portugais : *paciente virtual* ; et en français : *patient virtuel, simulateur de consultation, simulation pédagogique virtuelle*.

Ici, j'utiliserai les termes de *patient virtuel* pour désigner le concept, *simulateur* ou *moteur* pour le logiciel et *cas clinique* pour le contenu. De fait, dans certains systèmes, ces trois éléments ne font qu'un, la création de nouveaux patients n'est pas envisagée (par exemple, *4h30 chrono*^{rp}). D'autres font le choix d'un simulateur indépendant, associé à un outil auteur permettant de créer de nouveaux cas en réutilisant la même interface (par exemple, le logiciel *OpenLabyrinth*^{rp}).

Je réalise une revue des patients virtuels existants, au moyen de la littérature scientifique et des informations disponibles sur Internet.

2.2 Méthode

J'ai réalisé un état des lieux qualitatif des systèmes de patients virtuels existants. Pour cela j'ai étudié d'une part la littérature scientifique décrivant des patients virtuels, d'autre part les autres descriptions ou démonstrations que j'ai pu trouver sur le web.

Pour la recherche bibliographique, j'ai effectué une recherche des termes « patient virtuel » et « virtual patient » dans la base de données Medline et dans la Cochrane library. J'ai effectué des recherches plus précises dans les sommaires des revues *Pédagogie Médicale*, *Medical Teacher*, *Medical Education* et *Academic Medicine* à la recherche d'articles pertinents. Les bibliographies des articles trouvés ont été examinées pour trouver d'autres références. Vu l'abondance d'articles, j'ai sélectionné à l'aide du résumé ou du titre les articles de revue générale ou ceux décrivant un système particulier.

Pour la recherche sur les systèmes existants sur le web, j'ai exploré dans Google les 100 premiers résultats fournis avec les équations de recherche “*patient virtuel*” et “*virtual patient*” (les guillemets servent à rechercher des expressions exactes). J'ai également recherché les mêmes termes dans l'AppStore et GooglePlay.

J'ai retenu les systèmes ou les articles s'y rapportant selon les critères suivants :

Critères d'inclusion :

- Numérique : s'exécute sur un ordinateur.
- Interactif : des actions sont attendues de l'apprenant, autre qu'une simple navigation entre des contenus.
- Cliniques : simulation de la relation avec un patient en vue de l'apprentissage de savoirs, savoir-faire et savoir-être directement liés à la résolution d'un problème médical.
- S'adressant aux professions de santé, médicales ou paramédicales.

Critères d'exclusion :

- Contenu concernant des aspects physiopathologiques, techniques, des sciences fondamentales...
- Non interactif : médias ou cours mis en ligne sans interaction attendue de l'apprenant.
- Jeux ou logiciels non destinés et non utilisables pour la formation des professionnels du soin : jeux purement ludiques destinés au grand public, logiciels destinés aux patients. Les logiciels non conçus pour la formation mais pouvant être détournés à cet usage ont été inclus.
- Simulateur ou logiciel nécessitant d'autre matériel que l'équipement informatique standard (dispositifs haptiques, ...).

J'ai analysé les caractéristiques des patients virtuels existants selon les axes suivants :

- objectifs pédagogiques, avantages perçus, modalités de mise en œuvre ;
- typologie des patients virtuels ;
- modalités de création des cas ;
- modalités de feedback.

Je ne rapporte pas de résultats quantitatifs ni les résultats concernant l'évaluation pédagogique des patients virtuels. On se rapportera pour cela aux études individuelles, ou à la méta-analyse de Cook, Erwin et Triola [43].

2.3 Résultats

La littérature est abondante. Le plus ancien article trouvé date de 1966 [44]. La plupart des articles décrit ou évalue un simulateur, voire en compare deux ou trois. Cook et Triola ont réalisé en 2009 une analyse qualitative de la littérature sur les patients virtuels [41]. Cook, Erwin et Triola ont réalisé une analyse quantitative de la littérature en 2010 [43].

Je donne en annexe la liste des patients virtuels, simulateurs, banques de cas et sites de formation que j'ai répertoriés et utilisés pour cette étude.

2.3.1 Intérêt

La littérature cite un grand nombre d'avantages à utiliser les patients virtuels [34][4][45] :

- ils permettent de rendre compte de la complexité des situations médicales ;
- ils promeuvent un apprentissage indépendant, interactif, autonome, fréquent et à son propre rythme ;
- ils encouragent la pensée critique, la prise de décision, et la résolution de problèmes complexes ;
- ils améliorent la confiance dans la prise de décision ;
- ils favorisent l'apprentissage, la compréhension et la mémorisation à long terme ;
- leur utilisation en groupe permet un apprentissage collaboratif ;
- l'apprentissage avec les patients virtuels est une activité authentique, à condition que les caractéristiques ethniques, linguistiques et socio-économiques des patients virtuelles soient adaptées au contexte des apprenants ;
- ils facilitent l'évaluation ;
- ils procurent aux apprenants une autoévaluation et facilitent le développement d'une compétence en autoévaluation ;
- ils augmentent la personnalisation de la formation ;
- ils offrent un apprentissage en condition réaliste, procurant un accès à

- des scénarios cliniques qui ne sont pas disponibles à l'hôpital ;
- ils permettent aux étudiants de faire des essais et de constater les conséquences de leurs décisions ;
- ils permettent un apprentissage sans danger ;
- l'apprentissage se fait en confiance ;
- l'apprentissage avec les patients virtuels est une activité ludique.

2.3.2 Objectifs pédagogiques

« *Les patients virtuels sont reconnus comme le meilleur, et peut être le seul outil efficace de développement du raisonnement clinique* » [46]. La figure 2.1 montre les correspondances entre les outils et les objectifs pédagogiques.

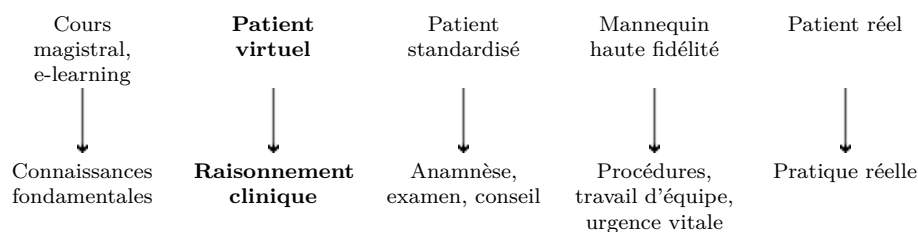


Tableau 2.1 – Le continuum de la compétence clinique : modalités pédagogiques et apprentissages attendus (d'après [41]).

Les activités qui s'y rapportent peuvent consister à résoudre un problème, à apprendre un processus ou un mode de raisonnement clinique, ou à apprendre à partir d'une base de connaissance contextualisée par le cas [42]. Ce qui peut se traduire par :

1. récupérer de l'information,
2. interpréter l'information,
3. intégrer de multiples sources d'information,
4. prendre des décisions,
5. expliciter le processus de décision. [45]

Les situations d'urgences vitales sont de loin les plus représentées.

2.3.3 Modes d'usage

La plupart des auteurs conviennent que quelle que soit la forme, les patients virtuels prennent toute leur valeur par leur intégration dans les cursus [34][47].

Certains auteurs rapportent une utilisation isolée du patient virtuel, en autonomie par l'apprenant [42]. D'autres mettent en avant les avantages d'une utilisation en groupe : le fait de travailler à plusieurs est plus impliquant ; cela exige de l'apprenant qu'il défende ses choix, l'obligeant à bien y réfléchir et à pouvoir les argumenter ; cela donne l'opportunité d'apprendre des autres des connaissances et des approches alternatives [43].

L'usage peut se faire en présentiel ou en distanciel. Le choix entre les deux peut découler de leurs implications pratiques, mais cela peut aussi être un choix pédagogique, dans un cas comme dans l'autre. Pour le travail en groupe, la perte des informations non verbales incite certains à considérer que le présentiel est sans conteste la meilleure option [13][20]. Cependant, la virtualisation du travail en groupe peut parfois présenter des avantages : le fait de devoir partager sa pensée par écrit plutôt que par oral oblige à mieux la formaliser et peut promouvoir une pensée en profondeur au sein du groupe [33].

Un patient virtuel peut représenter une consultation unique, ou bien être constitué de plusieurs cas successifs. Il permet alors aux étudiants d'appréhender des problématiques de suivi au long cours qu'il ont peu l'occasion de voir au cours des stages.[42]

La création de cas peut être une activité formatrice (voir *Création de cas* page 50). Les patients virtuels peuvent aussi servir à contextualiser l'utilisation d'une base de connaissance [42] ou à diffuser des recommandations de bonne pratique [48]. Enfin, ils sont un outil d'évaluation formative et sommative (voir *Feedback* page 51).

On peut distinguer trois types de conception. Dans une approche dite pédagogique, un support pédagogique explicite est constamment apporté à l'apprenant au cours du cas : feedback immédiat, précisions ou assistance. Dans une approche réaliste, aucun support pédagogique n'est fourni durant la consultation. Enfin dans une approche *résolution de problème*, des questions sont posées aux apprenants durant la consultation. Par exemple, il est demandé

de produire des hypothèses diagnostiques ou, pour les nouvelles informations, dans quel sens elles influencent les hypothèses déjà formulées.

Friedman, France et Drossman observent que les modalités réalistes et résolution de problème amènent l'apprenant à déduire plus d'éléments à partir des informations récupérées. Ils se souviennent également de plus d'éléments du cas lors d'un test réalisé immédiatement après. L'approche pédagogique est probablement plus adaptée à des novices, tandis que des étudiants plus expérimentés ou des médecins en exercice préféreront des approches plus réalistes [35].

2.3.4 Public

Les patients virtuels ont été utilisés pour la formation de nombreux professionnels de santé : médecins, dentistes [36], infirmiers [49], assistants médicaux, pharmaciens [50], kinésithérapeutes [51], vétérinaires [43]...

Les patients virtuels ont été utilisés à différents niveaux d'étude et d'expertise. Il apparaît qu'à condition d'être adaptés à leurs public, ils sont performants pour la formation des étudiants, des internes et des médecins en exercice.

2.3.5 Narration

L'hétérogénéité des patients virtuels s'explique en partie par l'évolution technologique majeure depuis 50 ans avec la démocratisation de la micro-informatique, puis l'apparition d'Internet. Certains sont de simples pages web statiques se succédant, tandis que d'autres font appel à des moteurs de rendu en trois dimensions du niveau des derniers jeux vidéos. Cependant, au delà des différences technologiques, des concepteurs avaient su très tôt anticiper les possibilités de la simulation virtuelle, et la diversité des simulateurs reflète surtout la diversité des postulats pédagogiques [52].

Les simulateurs se partagent d'abord entre systèmes narratifs et exploratoires. Dans le mode exploratoire (*exploratory design*, appelé aussi *problem-solving design*), l'apprenant est libre de ses actions, il ne suit pas de chemin prédéfini. Dans le mode narratif, un ou plusieurs scénarios sont prévus par

l'auteur. Les actions de l'apprenant le mènent le long de ces chemins préétablis. Plusieurs schémas narratifs sont possibles : linéaire, ramifiée et en collier de perle (voir figure 2.1) [53][54][42][45].

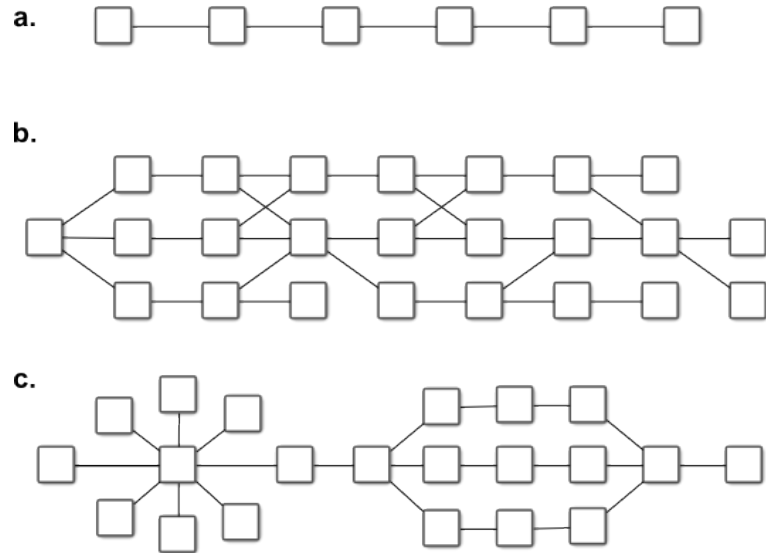


FIGURE 2.1 – Schémas narratifs des patients virtuels. **a.** Navigation linéaire. **b.** Navigation ramifiée. **c.** Navigation en collier de perles. (Schéma inspiré de [54])

La navigation en collier de perles (*string of pearl design*) désigne un schéma classique en conception de jeu vidéo. Il permet d'associer des épisodes interactifs au sein d'un scénario précis. Les patients virtuels de ce type peuvent utiliser différents modes narratifs pour chaque étape. Par exemple, exploratoire pour l'anamnèse, et ramifié pour le traitement.

2.3.6 Typologie

Voici quelques uns des principaux types de patients virtuels existants. Il va de soi que ces catégories sont poreuses et que le choix est parfois discutable de classer un système dans l'une ou l'autre des catégories.

Patient virtuel linéaire

Les cas linéaires (*linear design*) sont très proches des cas cliniques sur papier. Les cas sont divisés en un certain nombre d'étapes, auxquelles on accède successivement. Le déroulement des étapes est le même pour tous. Quand les étapes sont des écrans fixes, elles sont souvent appelées *cartes*. Chaque carte peut contenir du texte, des images, une question (Question à Choix Multiples (QCM), Question à Réponse Ouverte Courte (QROC) ou autre), parfois une vidéo. Répondre à la question est souvent obligatoire pour passer à la carte suivante. Le feedback est en général immédiat.

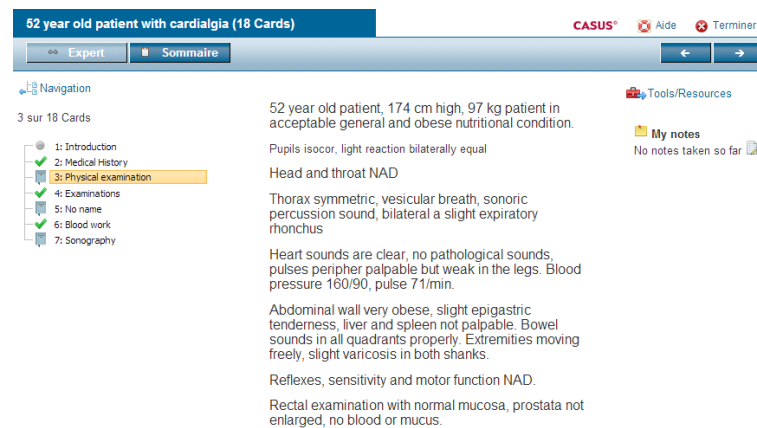


FIGURE 2.2 – Exemple de cas linéaire avec le logiciel *Casus*^{rp}

C'est ce format qui a été choisi pour les cas cliniques progressifs de l'*Examen Classant National informatisé (ECNi)*^{rp}. *Casus*^{rp} et *Campus*^{rp} sont deux simulateurs de ce type, hébergés en ligne. Ils incluent un outil auteur permettant de créer facilement de nouveaux cas. D'autres cas de ce type sont des simples pages web se succédant (*Virtual CPR*^{rp}, *EBMCalc.ca*^{rp}) ou un module flash (*Dermatology tutor*^{rp}).

Ces cas sont les plus faciles à créer. Le fait que tous les apprenants suivent le même parcours peut être recherché, par exemple pour un examen. Même si ce modèle de cas est le plus simple, on pourrait même dire rudimentaire, il continue à être très utilisé dans des patients virtuels récents aux techniques sophistiquées. Par exemple, le serious game* en 3D *Staying alive*^{rp}, destiné au grand public, pour l'apprentissage des premiers gestes à réaliser face à un arrêt

cardiaque est de ce type, même si il n'utilise pas de cartes mais une succession de scènes animées : l'utilisateur assiste à l'arrêt cardiaque puis il est guidé de manière à réaliser les bons gestes dans l'ordre.

Cas ramifié

Les cas ramifiés (*branching design*), aussi appelés tour-par-tour, sont très courants et polyvalents. Ils fonctionnent aussi sur la base d'une succession d'étapes, mais à l'inverse du précédent, plusieurs chemins sont possibles, en fonction des choix de l'apprenant. Le feedback peut être immédiat ou différé, permettant à l'apprenant d'explorer les conséquences de ses choix. L'issue du cas peut être unique ou multiple, donnant accès à des feedback personnalisés.

23 Veneno Avenue

Twenty three Veneno Avenue is a nice looking home in an upper middle class neighborhood in the outer fringes of Mercy City. As you pull up to the house, you see a woman at the top of the stairs waving to you frantically. In her arms is a small child - perhaps 2 years old. You jump out of the truck, and approach the woman.

Bob: "Hello ma'am, what's the trouble?"

Woman: "My little boy, he... he took a bunch of pills. I don't know what to do. I called the pediatrician but he's out of town. I.... I..."

The mother is obviously disturbed over the whole incident. You decide to:

[Interview the mother](#) [Assess the child](#) [Look for the pills](#)



FIGURE 2.3 – Exemple de cas ramifié avec *Pre-Hospital Care/EMS Simulator*^{rp}

Le plus courant des simulateurs de ce type est *OpenLabyrinth*^{rp}, un logiciel libre, qui inclut un outil auteur. Beaucoup de cas sont aussi constitués de simples pages web liées entre elles (*Trauma Moulages*^{rp}, *Trauma scenarios*^{rp}, *Virtual surgery*^{rp}, *Pre-Hospital Care/EMS Simulator*^{rp}).

Consultation exploratoire

Ce type de cas, non narratif, est centré sur le recueil d'informations au moins autant que sur le traitement. L'utilisateur est libre de l'ordre dans lequel il recherche les informations. Les réponses du patient peuvent apparaître sous forme de texte, synthèse vocale, voix enregistrées, séquences vidéos... Le

feedback intervient en général à l'issue de la consultation. Dans ces simulateurs, le patient est souvent statique, c'est à dire qu'il n'évolue pas en fonction des actions de l'utilisateur. Le but est de recueillir des informations sur la situation et de déterminer la marche à suivre, mais pas de réévaluer le patient ou de constater les conséquences immédiates de ses actes.

Les requêtes s'effectuent au moyen de listes, en langage naturel écrit ou par oral.



FIGURE 2.4 – Exemple de simulateur exploratoire fonctionnant au moyen de listes avec *Inmedea simulator*^{rp}

Les sujets des cas cliniques sont très variés. Certains simulateurs sont spécialisés dans un domaine, comme la psychologie (*At risk in primary care*^{rp}, *Justin and Justina*^{rp}), les urgences (*Diagnostic en urgence*^{rp}), le conseil pharmaceutique (*Keele University's virtual patient*^{rp}), la kinésithérapie (*Physio*^{rp}). D'autres sont polyvalents (*Web-SP*^{rp}, *MedSims*^{rp}, *Inmedea simulator*^{rp}, *Virtual Interactive Case system*^{rp}, *VIPS*^{rp}).

Simulateur de type déchocage

Dans ces simulateurs, souvent orientés vers les urgences vitales, l'attention est portée sur la thérapeutique et les conséquences immédiates des actions de l'utilisateur. Le temps est toujours un facteur, qu'il soit réel ou lié aux actions réalisées (les actions pouvant alors coûter du temps, ou en faire gagner).

L'utilisateur agit via des listes ou des actions graphiques (déplacer un curseur, cocher une action à effectuer). Le feedback intervient à la fin de la simulation.

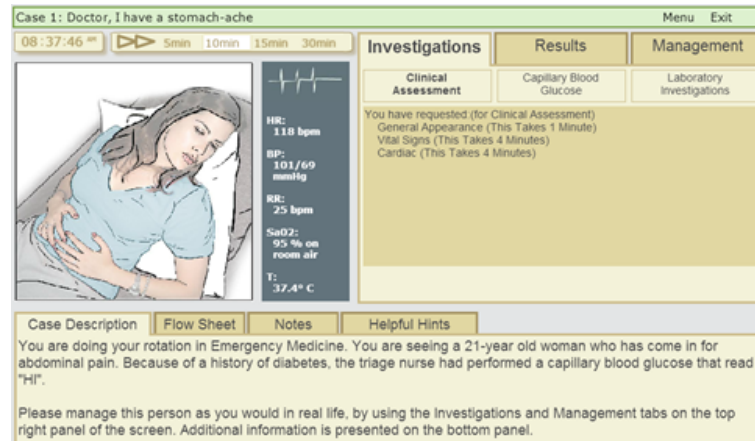


FIGURE 2.5 – Exemple de cas de type déchocage avec *the ABC's of DKA*^{rp}

On peut signaler notamment les simulateurs d'Anesoft (*Anesthesia Simulator*^{rp}, *ACLS Simulator*^{rp}, *Critical Care Simulator*^{rp}, *Neonatal Simulator*^{rp}, *Obstetrics Simulator*^{rp}, *PALS Simulator*^{rp}, *Pediatrics Simulator*^{rp}, *Sedation Simulator*^{rp}), *Dynamic Patient Simulation*^{rp}, *the ABC's of DKA*^{rp}, *Microsim*^{rp}, qui a été utilisé à Lyon ou encore *Patient Rescue*^{rp}, particulièrement impressionnant du fait d'une représentation graphique très réaliste en 3D du patient, évoluant en fonction des paramètres physiologiques. Une version automatique assez éprouvante est d'ailleurs disponible, qui laisse le patient mourir progressivement.

Simulateurs en 3D

Ces simulateurs apparus plus récemment utilisent la 3D pour placer le patient dans un environnement au sein duquel l'utilisateur peut se déplacer pour interagir avec le patient, le matériel et les personnages l'environnant. Ils sont souvent focalisés sur l'urgence, et représentés en temps réel. Leur inconvénient majeur est la lourdeur de création des cas cliniques pour une valeur ajoutée encore assez limitée.

On peut citer *Pulse!!*^{rp}, issu d'une commande de l'armée américaine, ou encore *Triage Trainer*^{rp}, *Interactive Trauma Trainer*^{rp} et *Zero Hour*^{rp}. *Virtual Training for Psychosis*^{rp} se distingue par son sujet, la psychiatrie. L'utilisateur

FIGURE 2.6 – Exemple de cas en 3D avec *Pulse!!*^{rp}

doit utiliser les éléments du domicile du patient, incurique, pour construire son diagnostic. Il peut même prendre la place du patient, pour constater ses hallucinations.

Plusieurs simulateurs n'utilisent la 3D qu'à des fins graphiques, pour représenter un patient plus ou moins réaliste, sans permettre à l'apprenant de se saisir de la dimension spatiale. Ces simulateurs n'entrent pas dans cette catégorie.

Multijoueur

Plusieurs simulateurs intègrent dans un environnement 3D plusieurs participants afin de les faire travailler en équipe sur la situations, en général en situation d'urgence. Certains sont spécifiques à la médecine (*Play2Train*^{rp}, *Medical Team-based Training*^{rp}, *3DiTeams*)^{rp}, d'autres utilisent des environnements 3D existants comme *Second Life*^{rp} [55][56]. Le programme *PREVIEW*^{rp} consiste à créer un cadre de production de cas cliniques pouvant être intégrés à des environnements multijoueurs ouverts comme *Second Life*^{rp}. Ce genre d'environnements ouverts permet de recréer une situation en intégrant bâtiments, objets

et personnages, qui peuvent être automatiques ou dirigés par un humain. On peut créer ses propres éléments, utiliser des éléments intégrés à l'environnement ou se rendre sur des plateformes de partage mondiales d'objets en 3D, allant du stéthoscope à l'ambulance.



FIGURE 2.7 – Exemple de cas multijoueur : une situation de catastrophe recréée dans *Second Life*^{TP}

2.3.7 Précision sur différents choix de conception

Apparence

Sur le plan graphique, on peut répartir les patients virtuels entre rendu en deux dimensions (2D) statique (texte, dessins, photos), en 2D dynamique (vidéos ou animation) et en 3D. Je place dans la catégorie des simulateurs en 3D seulement ceux pour lesquels la 3D apporte des possibilités supplémentaires pour l'utilisateur : se déplacer autour du patient, interagir avec l'environnement. Si la 3D est utilisée pour le rendu graphique mais n'apporte pas de possibilités supplémentaires, on peut alors considérer qu'il s'agit d'un équivalent 2D, au même titre qu'une séquence vidéo.

Sur le plan sonore, le patient virtuel peut être muet — le plus fréquent —, utiliser des voix enregistrées ou de la synthèse vocale.

Interactivité

L'interrogation du patient virtuel (interrogatoire, examen clinique, examens complémentaires) peut s'effectuer selon deux modalités bien distinctes : à partir d'une liste de choix restreints, ou en langage naturel. Les listes de choix peuvent se présenter sous forme de texte (liste de question) ou d'actions graphiques (bouger un stéthoscope sur le patient, déplacer un curseur). Le langage naturel peut être émis sous forme de texte ou par oral avec reconnaissance vocale.

Les simulateurs utilisent souvent différentes modalités selon les étapes. Par exemple, reconnaissance de texte pour l'interrogatoire, méthode graphique pour l'examen et choix dans une liste pour le diagnostic. D'autres modalités d'examen existent, au moyen de matériels spécifiques (comme *Diana*^{TP}, qui couple un patient virtuel à un simulateur physique d'examen des seins), mais elles sortent du cadre de cette étude.

Les requêtes en langage naturel sont plus réalistes et guident beaucoup moins l'apprenant. Friedman, France et Drossman ont comparé le recueil de données par des étudiants sur le même cas clinique en utilisant des listes ou des requêtes en texte libre. Ils retrouvent une plus grande exhaustivité dans la recherche d'information avec des listes, mais une moins bonne efficacité, quasiment celle attendue pour une recherche au hasard (47 items sur 127 étant désignés comme utiles) et moins de données inférées. Les étudiants récupèrent donc l'information parce qu'elle est accessible plus que par besoin, et ils peinent ensuite à l'intégrer [35]. Les listes induisent également un effet d'indice (*cueing effect*) : il est plus facile de reconnaître la bonne réponse que de la générer [38].

Pour des étudiants débutants, il a été suggéré que le fait de devoir chercher les questions qu'ils voudraient poser peut occasionner une charge cognitive importante, laissant peu de ressources pour intégrer et bien utiliser les informations [41]. Certains auteurs suggèrent que le fait de sélectionner une question dans une longue liste pourrait occasionner le même genre d'effort que de devoir poser directement la question.

Temporalité

Les patients virtuels exploratoires présentent en général un patient non évolutif au cours de la consultation, quelles que soient les actions de l'utilisateur.

Les cas linéaires et ramifiés font évoluer le patient. Dans les cas ramifiés, celui-ci peut évoluer différemment en fonction des actions de l'utilisateur.

Les simulateurs de type déchocage et ceux en 3D font évoluer le patient en fonction du temps et des actions de l'utilisateur. Cette évolution est souvent déterministe : le cas refait plusieurs fois se déroulera toujours de la même façon. Certains simulateurs ajoutent toutefois une dimension probabiliste à l'évolution du patient (*Microsim*^{rp}, *ResusSim 98*^{rp}) [41].

L'apprenant a parfois la possibilité d'accélérer le déroulement du temps (*the ABC's of DKA*^{rp}). Parfois, le temps ne défile pas de lui même, mais se sont les actions qui coutent plus ou moins de temps (*4h30 chrono*^{rp}, *Virtual Interactive Case system*^{rp}).

Plateformes et technologie

Les premiers patients virtuels ont été créés sur papier [38]. Aujourd'hui, on trouve des systèmes à installer sur les ordinateurs individuels (*Neonatal Simulator*^{rp}) et sur smartphones (*MedEdCases*^{rp}), et beaucoup de simulateurs sont accessibles directement en ligne. Certains utilisent des technologies comme Flash ou Silverlight, mais la tendance est plutôt à utiliser des technologies non propriétaires, comme HTML, Javascript, CSS, et Unity pour la 3D.

2.3.8 Création de cas

Les cas cliniques des patients virtuels sont difficiles à créer [45]. Les couts de développement sont souvent évoqués comme un obstacle à l'utilisation plus large des patients virtuels. Des coopérations entre universités peuvent permettre de mutualiser les couts [41]. L'utilisation des patients virtuels en formation continue peut contribuer à une augmentation du nombre d'utilisateurs, donc à une réduction des couts unitaires [36].

Les moteurs de patients virtuels appartiennent à deux catégories : celle où les cas peuvent être créés et entretenus directement par les enseignants, et celle où l'intervention de techniciens est nécessaire. Le fait que les enseignants puissent intervenir directement sur les cas est souvent considéré comme capital du point de vue pédagogique [52].

Un des moyens souvent envisagés pour diminuer la charge de travail occasionnée par la création des cas cliniques est la réutilisation, le partage et l'adaptation des patients virtuels existants. Cela peut augmenter le nombre de cas disponible, mais présente des inconvénients : il faut tenir compte du droit d'auteur ; il faut traduire les cas, y compris les termes vernaculaires ; il faut tenir compte des spécificités de la population et du système de santé locaux ; il faut que les solutions soient compatibles techniquement [42]. Des collaborations se sont mises en place pour pallier à ces inconvénients [42].

Le consortium *MedBiquitous*^{rp} développe un standard pour le développement de patients virtuels, qui doit rendre plus facile l'échange et la réutilisation de cas cliniques entre différents simulateurs [9][57]. Le programme *eVip*^{rp} est une collaboration d'universités ayant pour but de créer une banque de patients virtuels partagés en utilisant le standard *MedBiquitous*^{rp}.

La création de cas par les étudiants peut faire partie du travail avec les patients virtuels. La création de cas implique de comprendre et savoir articuler d'un côté les caractéristiques du patient, le contexte et le rôle du professionnel, et de l'autre les informations, pièges et médias appropriés. Après validation, ces cas peuvent être utilisés comme support pour d'autres étudiants [40][42]. Par ailleurs, La création de cas à plusieurs est l'occasion d'apprendre à travailler en groupe, compétence essentielle au métier de médecin.

La validation des cas cliniques est une part essentielle du processus. Idéalement, un cas doit passer par plusieurs cycles de tests et améliorations impliquant des experts et des étudiants. Doivent être contrôlés la cohérence de l'histoire clinique, la pertinence des réponses du patient, la vraisemblance de la narration, la qualité des médias et la rigueur du feedback.

Comme pour tout contenu pédagogique, toutes les affirmations qu'il contient devraient être assorties d'un niveau de preuve. Les éventuels conflits d'intérêt de l'auteur devraient être clairement énoncés. La situation clinique représen-

tée devrait correspondre, sauf cas particulier, à des situations faisant l'objet au minimum d'un accord professionnel (niveau 3).

2.3.9 Feedback

Les patients virtuels peuvent être des outils d'évaluation formative et sommative. Le feedback est l'information procurée par le simulateur à l'apprenant, dans une optique d'évaluation formative.

L'évaluation peut porter sur [35][41] :

1. le comportement dans la simulation : quantité d'information récupérée (exhaustivité), quantité d'information *importante* récupérée (efficacité*), proportion d'information importante récupérée (efficience*), ordre de réalisation des actions (respect d'un algorithme), similarité avec la démarche d'un expert ;
2. un compte-rendu rédigé après la consultation : quantité d'information notée dans le compte-rendu, proportion de l'information récupérée qui est notée dans le compte-rendu, proportion de l'information *importante* récupérée qui est notée dans le compte-rendu, quantité d'information déduite ;
3. l'amélioration des connaissances relatives au cas ;
4. le vécu des apprenants [53] ;

Comparée aux patients standardisés, l'utilisation de patients virtuels permet un feedback rigoureux systématique alors que le feedback d'une consultation avec un patient standardisé dépend beaucoup de la compétence de l'animateur [58].

Ils peuvent permettre d'évaluer finement des stratégies diagnostiques ou de prise en charge.

Il faut bien adapter le cas au public visé. La charge cognitive occasionnée à la fois par la manipulation du simulateur (mode de navigation, requête, rendu...) et par le cas clinique (densité des informations, distracteurs...) peut influencer la difficulté du cas autant que le contenu médical [42].

Il convient d'être attentif au fait que les processus de raisonnement diffèrent en fonction de l'expertise. Les experts sont fréquemment moins exhaustifs que

des médecins moins expérimentés. L'évaluation de critères comme l'exhaustivité ou le respect d'un algorithme décisionnel peuvent aller à l'encontre du développement d'un raisonnement clinique non-analytique.

Une évaluation valide nécessite de s'appuyer sur plusieurs cas plutôt que sur un seul, même de manière approfondie [42][41].

2.4 Discussion

Comme toute méthode et outil pédagogique, les patients virtuels doivent bénéficier d'une évaluation qualitative et quantitative rigoureuse. On peut s'appuyer sur les conseils de Hege, Zary et Kononowicz [47], ainsi que sur la boîte à outil fournie par *eVIP^{TP}*. Le premier élément de qualité réside dans la planification de l'usage, afin que l'outil soit intégré dans le cursus de formation et qu'il soit adapté aux objectifs pédagogiques. D'autres éléments résident dans les caractéristiques propres de l'outil : qualité technique, fonctionnalités, qualité des éléments d'évaluation, qualité scientifique des cas, qualité didactique du logiciel et des cas. Enfin, le logiciel doit s'inscrire dans un processus d'évaluation et d'amélioration.

La première limite des patients virtuels est qu'il ne s'agit que de cas cliniques. Ils ne peuvent prétendre reproduire tous les aspects d'une consultation ou d'une relation médecin-patient. Ils sont donc un outil, certes très intéressant mais ne peuvent remplacer une partie du travail, notamment pour l'apprentissage des savoir-être, en présence de vrais patients. C'est d'ailleurs une demande récurrente des étudiants que de conserver une formation au lit du malade.

Les cas en 3D peuvent sembler les plus prometteurs par leur réalisme graphique et le fait qu'ils se déroulent souvent en temps réel. La complexité de création des cas limite cependant grandement leur utilité aujourd'hui : on dispose de peu de cas, impossible à faire évoluer, très coûteux et les possibilités d'action de l'apprenant dans le jeu sont limitées par rapport à d'autres types de cas. Comme le dit Granry, l'hyperréalisme du simulateur n'est pas forcément un gage d'apprentissage [8]. Quand à la motivation, elle semble plus liée à l'intérêt perçu et à la qualité des tâches cognitives qu'aux aspects graphiques. Des simulateurs beaucoup plus simple peuvent être finalement plus réalistes

et plus motivants que des simulateurs en 3D. En matière de simulation aussi, parfois, *less is more*.

Il est important d'adapter les moyens aux objectifs pédagogiques. Ainsi, pour une grande part de la formation, des solutions plus adaptées que les patients virtuels existent. Pour l'apprentissage des connaissances factuelles, les patients virtuels peuvent être très efficaces, mais étant donné leur coût de développement (surtout en terme de travail pour les enseignants), il est plus efficient d'utiliser des modules de e-learning classiques.

En effet, on a dit que la création de cas était une des pierres d'achoppement de l'utilisation des patients virtuels. Elle est souvent chronophage et nécessite le travail de professionnels hautement qualifiés et expérimentés en médecine et en pédagogie, ainsi que souvent l'aide d'une armée de techniciens. Des solutions sont avancées : partage et réutilisation de cas, création de cas par les étudiants. Ces solutions soulèvent la question de la validité*des cas, qui doivent passer par un processus de validation robuste.

Rendre la création et la maintenance des cas plus faciles est un enjeu majeur. Aujourd'hui, si un cas est suffisamment utilisé, l'effort mis dans sa création est vite rentabilisé et l'efficience est très bonne, mais l'investissement initial reste conséquent et freine encore le développement de l'usage des patients virtuels. Le choix des sujets doit être basé sur une évaluation des besoins et sur la base des objectifs pédagogiques.

La motivation des étudiants est bien sûr un facteur primordial de succès de cet outil pédagogique, surtout si il est utilisé en distanciel. Heureusement, il bénéficie en général d'une très bonne adhésion des étudiants quand les cas sont de qualité et bien intégrés dans le cursus. Ils apprécient d'être actifs, de pouvoir constater les conséquences de leurs décisions dans des situations authentiques et réalistes.

Chapitre 3

Alphadiag

3.1 Projet

Les patients virtuels sont considérés comme un excellent moyen d’enseignement, de pratique et d’évaluation du raisonnement clinique. Ils présentent de nombreux avantages pratiques et pédagogiques. Pourtant, ils restent quasiment inutilisés en France [8]. Nous avons vu que les patients virtuels existent sous de nombreuses formes. J’ai voulu créer un logiciel adapté aux problématiques de médecine générale. Les cas linéaires sont trop peu interactifs. Les cas ramifiés offrent plus de possibilités mais le fait de n’avoir que quelques possibilités à chaque étape est limitatif. Les cas de type déchocage sont plus adaptés à l’urgence vitale. Les cas en 3D sont lourds à créer et n’apportent pas grand chose pour la consultation. Nous avons donc voulu développer un simulateur qui réunisse les caractéristiques suivantes :

En français Il existe très peu de simulateur en langue française, et l’apprentissage de la consultation doit pouvoir se faire dans la langue de travail, avec des cas adaptés au contexte local.

En ligne Le fait que le simulateur soit accessible en ligne lui procure des avantages majeurs : absence d’installation et de mises à jour par l’utilisateur ; accès au simulateur sans limite de lieu, d’horaire et, dans une certaine mesure, de plateforme (mac, PC, tablettes...) ; l’ajout, le partage et la mise à jour des cas cliniques est simplifiée. L’amélioration de

la couverture réseau et des technologies web a largement réduit les limites précédentes en termes d'interactivité ou de bande passante. On peut maintenant proposer des logiciels en ligne aux fonctionnalités avancées, incluant des médias volumineux.

Avec un outil auteur performant utilisable directement par les enseignants.

La possibilité pour l'enseignant de créer et adapter ses propres contenus est un gage de qualité et d'acceptabilité. De plus, on a vu que le coût de développement des cas était un frein à leur développement. Des cas créés directement par les enseignants sont meilleur marché et plus faciles à partager que si des techniciens doivent intervenir.

Réaliste Avec une approche résolument réaliste (voir p. 39), pour être au plus proche du raisonnement clinique réel et que les compétences acquises soient transposables en clinique. Cela nous a conduit à choisir une navigation exploratoire, avec des requêtes en langage naturel, guidant le moins possible l'apprenant.

Multimédia Ayant la possibilité de reproduire tout type de média pour enrichir le cas : son, images, vidéos, documents.

Outil d'évaluation pour l'évaluation formative et sommative. L'autoévaluation est une compétence majeure du métier de médecin, qui doit se former tout au long de sa carrière. Pourtant, ce n'est pas un objectif explicite des études médicales et il existe peu d'outils adaptés, hormis les rares examens de la fac, et les livres de cas cliniques. L'évaluation des étudiants par les enseignants est souvent insatisfaisante, fastidieuse (lorsqu'on a affaire à plusieurs centaines d'étudiants), et rare, ce qui n'est pas du tout compatible avec une évaluation formatrice. Il existe également une demande pour des outils d'évaluation du raisonnement clinique [38][59].

Nous avons fait le choix, qui peut paraître surprenant à l'heure des environnements virtuels et des avatars animés en 3D, d'une interface statique en 2D. Comme on l'a dit au chapitre précédent, ce qui importe est la tâche cognitive. Nous avons estimé que les efforts et l'investissement nécessaires à l'utilisation de la 3D n'étaient pas justifiés par son faible apport pédagogique, et que vu nos objectifs, ce serait même une gêne.

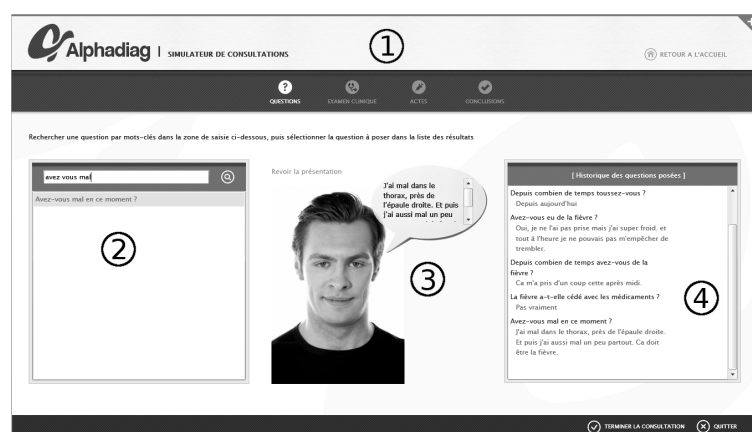


FIGURE 3.1 – L’interface du simulateur 1. Étapes de la consultation 2. Zone de recherche par mots-clés 3. Réponse du patient 4. Historique

Le travail sur le simulateur, que nous avons appelé *Alphadiag*, a débuté en 2010. Un premier prototype était disponible en juin 2011 et une première version entièrement fonctionnelle a été mise en ligne en août 2012. Le développement de la deuxième version est en cours à ce jour. Le développement du simulateur a été réalisé par Benoit Vrignon, ingénieur, et moi-même au sein de la société Dedicated Learning, avec le soutien financier et scientifique de l’université Claude Bernard - Lyon 1. Afin de se prémunir au maximum des conflits d’intérêts, nous avons inscrit dans les statuts de l’entreprise une obligation d’indépendance complète vis-à-vis de l’industrie des produits de santé.

Le logiciel est actuellement codé en Silverlight côté client et en C# côté serveur. Le système de gestion de la base de donnée est Microsoft SQL Serveur. Ces choix nous ont permis de développer très rapidement notre première version car nous disposions des compétences et des outils nécessaires. Nous sommes en train d’opérer une migration vers HTML5 afin d’utiliser au maximum des technologies non propriétaires, respectueuses des standards du web. Cela permettra que le logiciel soit accessible sur les tablettes, smartphones et Linux, où le plugin Silverlight ne peut pas être installé.

3.2 Périmètre fonctionnel

Le logiciel comprend plusieurs briques fonctionnelles, toutes accessibles en ligne à l'adresse www.alphadiag.com :

1. *Pour tous*

Mon compte Chaque utilisateur a accès à ses informations personnelles. Les auteurs ont une partie publique qui comprend leur nom, tâches d'enseignement et déclaration de conflits d'intérêt, ainsi que de manière facultative une photo.

Aide en ligne Comprend du texte, des schémas et des vidéos de tutoriel.

Site vitrine Accessible à l'adresse www.dedicated-learning.fr, il présente le fonctionnement du logiciel et la société Dedicated Learning.

Chaine Youtube ainsi que la page Google+ associée, accessibles à l'adresse plus.google.com/+Dedicated-learningFr. Cette chaine nous permet d'héberger nos vidéos de démonstration et de tutoriel, ainsi que les vidéos des interventions en congrès.

2. *Pour l'apprenant*

Le simulateur Le cœur du système, pour effectuer les consultations.

La liste des formations L'apprenant n'a pas accès directement aux cas cliniques. Il y accède via les formations qui lui ont été attribuées par des enseignants. Il trouve dans cet espace ses formations en cours ainsi que les comptes rendus des consultations effectuées.

3. *Pour l'enseignant*

La gestion des formations Les formations permettent aux enseignants de créer des parcours cohérents regroupant un ou plusieurs cas sur un sujet, de les attribuer à des apprenants et d'en effectuer le suivi. L'enseignant peut indiquer une date de début et de fin de validité de la formation.

La liste des cas Les enseignants et auteurs ont accès à une liste des cas cliniques comprenant leurs propres cas, les cas publiés au sein de leur organisation et les cas publics. Ils peuvent eux-même choisir pour chacun de leurs cas de le garder privé, de l'ouvrir aux membres de leur organisation ou de le rendre public. La liste comprend des cas appelés *patients types*. Ce sont des patients pour lesquels la réponse par défaut de nombreuses questions a été personnalisée afin de correspondre à leurs caractéristiques personnelles (âge, sexe...), mais qui n'ont pas de problème de santé. Les auteurs peuvent les dupliquer pour servir de base à la création de nouveaux cas.

L'outil auteur Interface en ligne de création et modification de cas cliniques.

Le tableau de bord : interface de suivi des apprenants. Il indique pour chaque formation les scores* moyen, minimal et maximal et l'avancement. Pour chaque inscrit, il indique l'avancement et le score moyen. Pour chaque cas, il indique l'avancement, les scores moyen, minimal et maximal et les erreurs fréquentes du cas. Le tableau de bord permet également de retrouver les rapports des apprenants pour chaque consultation.

4. Administratif

La gestion des utilisateurs Chaque utilisateur dispose d'un compte appartenant à une organisation. Les droits attachés à son compte lui ouvrent l'accès à plus ou moins de fonctionnalités.

5. Réserve aux super-administrateurs

La gestion des organisations permet de grouper les utilisateurs par organisation.

Le back-office permet d'administrer les listes de questions, examen clinique, diagnostics et prescriptions, les environnements, les mots-clés et de suivre les recherches effectuées.

3.3 Fonctionnement

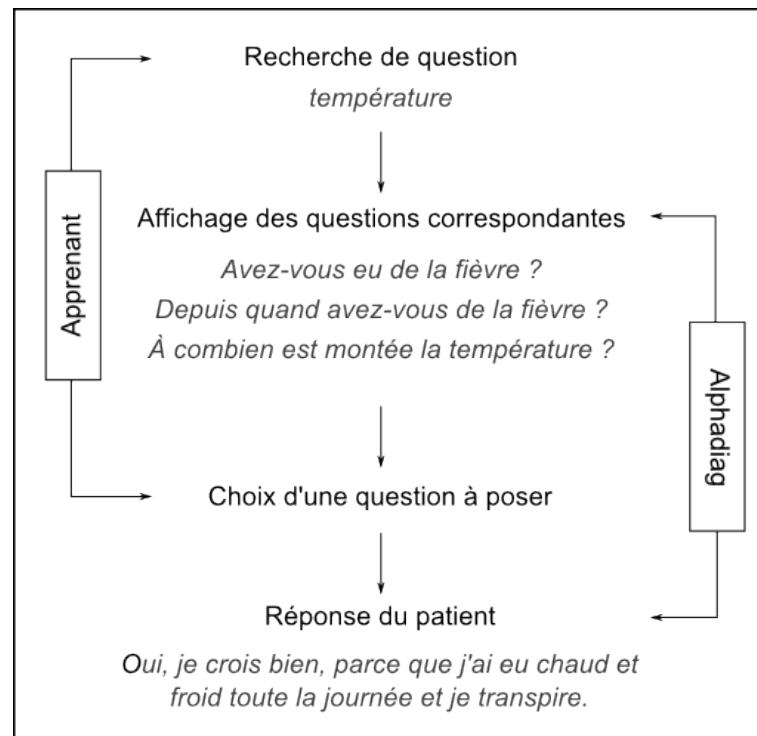


FIGURE 3.2 – Déroulement d'une requête

Le simulateur est basé sur le principe d'une consultation médicale. L'apprenant est face à un patient virtuel, présentant un problème médical. Les informations disponibles initialement doivent correspondre à ce que le médecin aurait en réalité : identité du patient et contexte de la consultation. Pour un patient supposé déjà connu du médecin, les informations pourront être plus détaillées : dossier médical, antécédents, etc. L'apprenant doit interroger et examiner le patient, effectuer des gestes diagnostics ou thérapeutiques et demander des examens complémentaires afin de proposer un diagnostic, une conduite à tenir et des prescriptions. L'apprenant peut à n'importe quel moment naviguer entre toutes les étapes, il décide de lui-même quand terminer la consultation. Le cas est statique (voir p. 49).

Le logiciel comprend une base de données comprenant les listes de questions, d'examens cliniques, d'actes, de diagnostics et de prescriptions. L'appre-

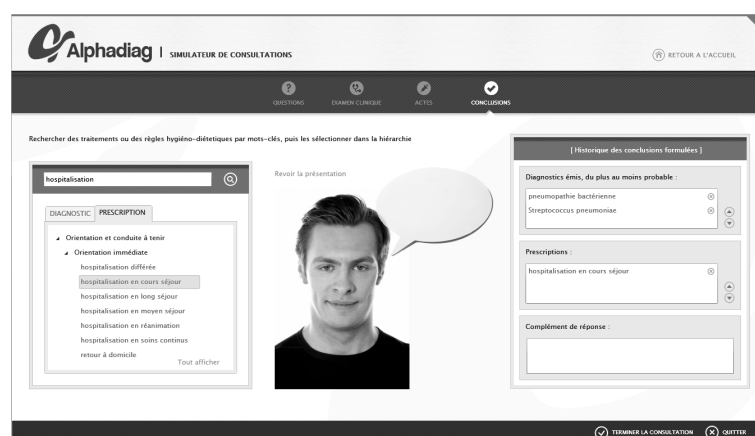


FIGURE 3.3 – Conclusion de la consultation : diagnostic et prescription. À gauche la recherche. À droite, l’inscription des éléments choisis, avec fonctions d’effacement et tri.

nant effectue une recherche et sélectionne l’élément désiré. Pour les questions, l’examen clinique et les actes, la réponse s’affiche, sous forme de texte ou d’un média (image, son, vidéo, pdf). Les diagnostics et les prescriptions ne génèrent pas de réponse.

Le fonctionnement du moteur de recherche est complexe à ajuster, car il s’agit de reconnaître le langage humain. Nous voulons qu’il soit facile de trouver la question à laquelle on pense, sans pour autant guider l’apprenant. À chaque élément des listes sont attachés des mots-clés. Lorsque l’utilisateur effectue une recherche, le logiciel recherche les éléments correspondants dans la liste. Il ne tient pas compte de la casse ni des caractères accentués, ni des *s* et *e* finaux. Les éléments correspondant au plus grand nombre de mots-clés sont affichées. Par exemple, rechercher *avez-vous mal ?* affiche toutes les questions contenant le mot-clé *mal* alors que chercher *avez-vous mal au ventre* affichera les questions contenant à la fois *mal* et *ventre*. Afin d’améliorer les listes, les recherches sont enregistrées et analysées pour gérer les mots-clés et ajouter les éléments manquants.

Une notation est également attachée à chaque élément. Elle est neutre par défaut. Les questions et les examens cliniques peuvent être *indispensables*, *utiles* ou *neutres*. Les actes, diagnostics et prescriptions peuvent être *indispensables*, *utiles*, *neutres*, *néfastes* ou *excluant*. À l’issue de la consultation, un

compte rendu personnalisé est généré automatiquement. Le compte rendu comprend des scores, un commentaire de l'auteur, des références bibliographiques, une analyse des actions de l'apprenant et un historique de la consultation. Un exemple de compte rendu est fourni en annexe.

Trois scores sont affichés : global, efficacité et efficience. Le score global est calculé ainsi : demander un item utile ajoute des points (indispensable + 4 points ; utile + 1 point), demander un item néfaste retire des points (néfaste - 1 point ; excluant : zéro à l'étape) (voir figure 3.4).

$$\text{Score global} = \frac{\text{indisp. effectués} \times 4 + \text{utiles effectués} \times 1 - \text{néfastes effectués} \times 1}{\text{total utiles} + \text{total indispensables} \times 4} \times 100$$

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{indispensables effectuées} + \text{utiles effectuées}}{\text{total utiles et indispensables}} \times 100$$

$$\text{Efficience} = \frac{\text{indispensables effectuées} + \text{utiles effectuées}}{\text{total effectuées}} \times 100$$

FIGURE 3.4 – Formules de calcul des scores

L'analyse des actions de l'apprenant est répartie par étape. Pour chacune sont affichées dans un premier tableau les actions effectuées, dans un deuxième, les actions non effectuées utiles, indispensables et celles comprenant un commentaire de l'auteur. Pour chaque action est donné le libellé, la réponse, la notation et le commentaire.

QUESTIONS 50 %	EXAMEN 40 %	ACTES 100 %	DIAGNOSTIC 100 %	PRESCRIPTIONS 0 %
Examens effectués				
Examen	Résultat	Notation	Commentaire	
fréquence cardiaque	144	Utile		
fréquence respiratoire	35	Utile		
saturation pulsée	92%	Utile		
signes de lutte respiratoires	Non	Utile		
Examens non effectués				
Examen	Résultat	Notation	Commentaire	
pression artérielle	105/53	Indispensable		
auscultation cardiaque	auscultation	Utile		
auscultation pulmonaire	auscultation	Utile		

FIGURE 3.5 – Analyse des actions de l'apprenant par étape

L'historique affiche toutes les actions de l'apprenant dans l'ordre dans lequel elles ont été effectuées, avec pour chaque action l'étape, le libellé, la réponse, la notation et le commentaire.

Si l'apprenant a réalisé plusieurs fois le même cas, il a accès à chaque compte rendu.

3.4 Historique

3.4.1 Le projet

janvier 2010	Premières recherches sur l'idée d'un jeu sérieux médical.
juin 2010	Premier échange avec Benoit Vrignon sur le sujet.
septembre 2010	Début du travail avec Benoit Vrignon sur le projet.
mars 2011	Benoit Vrignon à plein temps sur le projet.
juillet 2011	Premier contact avec la faculté de médecine Lyon-Est, avec le Dr Bernard Bui-Xuan.
septembre 2011	Première rencontre avec le doyen de la faculté Lyon-Est, le Pr Jérôme Étienne.
novembre 2011	Présentation du simulateur au congrès du Collège National des Généralistes Enseignants (CNGE) à Bordeaux les 24 et 25 novembre 2011.
décembre 2011	Présentation du simulateur aux premiers États Généraux de la Formation Médicale (EGFM) les 8 et 9 décembre 2011 à Bobigny.
mars 2012	Échanges avec l'Université Lyon 1 en vue d'un partenariat.
avril 2012	Dépôt des statuts de la société Dedicated Learning SAS.
juillet 2012	Signature du contrat de partenariat avec l'Université Lyon 1.
octobre 2012	Début des relations avec l'incubateur de start-up lyonnais Crealys.

décembre 2012	Premier comité de sélection de Crealys (comité exécutif) ; versement par l'université de 60 000 € (hors taxes) dans le cadre du partenariat.
février 2013	Deuxième comité de sélection de Crealys (comité d'engagement).
mars 2013	Début du travail de thèse de Seav Cheng sur l'évaluation d'Alphadiag à la faculté Lyon-Est [60].
septembre 2013	Présentation du simulateur au congrès Serious Game en Médecine et Santé (SEGAMED) à Nice les 12 et 13 septembre ; Masterclass SEGAMED sur les serious game le 14 septembre.
octobre 2013	Recrutement de Cyril Cabrol, ingénieur, pour 9 mois de stage, dans le but de développer un site vitrine et la version 2 du simulateur. Début de la collaboration avec M. Jérôme Laurent, infirmier, pour étudier l'adaptation du simulateur à la formation des infirmiers.
novembre 2013	Stand de présentation du logiciel au congrès du CNGE à Clermont-Ferrand les 28 et 29 novembre 2013.
janvier 2014	Discussion avec le comité de pilotage du projet Stratégies d'Apprentissage des Métiers de Santé en Environnement Immersif (SAMSEI) en vue d'une collaboration.
février 2014	Présentation d'Alphadiag au congrès TIC Santé de l'association FormaTICSanté les 12 et 13 février 2014 à Paris.
mars 2014	Animation d'un atelier sur la simulation au week-end de formation de l'Association Nationale des Étudiants en Médecine (ANEMF) le 14 mars à Nice. Évaluation du logiciel avec les étudiants en cinquième année de médecine de la faculté de médecine Lyon 1 dans le cadre de la thèse de Seav Cheng [60]. Évaluation du logiciel avec les étudiants en soins infirmier de l'Institut supérieur d'enseignement infirmier (ISEI) à l'Université Catholique de Louvain en Belgique.

avril 2014 Recrutement d'un stagiaire commercial pour nous aider à distribuer le logiciel et d'un stagiaire illustrateur pour réaliser les nouvelles images des environnements et des patients.

3.4.2 Aspects techniques

2010 Réflexion théorique sur un simulateur de consultation médicales.

début 2011 Début du travail sur la base de donnée (listes pour l'interrogatoire, l'examen clinique, les diagnostics et les prescriptions) ; développement du prototype de simulateur en Silverlight.

fin 2011 Développement du simulateur.

hiver 2012 Développement du back-office et de l'outil auteur.

printemps 2012 Développement du compte rendu de consultation.

juillet 2012 Tests internes.

août 2012 Déploiement du périmètre fonctionnel initial : simulateur, compte rendu de consultation, outil auteur et back-office.

septembre 2012 Développement de l'interface d'administration.

novembre 2012 Refonte du simulateur.

mars 2013 Nouveau design.

avril 2013 Test du simulateur avec dix étudiants de la troisième à la sixième année de médecine de la faculté de médecine Lyon-Est.

été 2013 Amélioration du back-office.

octobre 2013 Déploiement du site vitrine.

novembre 2013 Optimisation de l'outil auteur.

début 2014 Développement de la version 2 du simulateur en HTML5. Cahier des charges de la médiathèque.

prévisions été 2014

Déploiement de la version 2 du front office (interface de connexion, mes formation et simulateur) en HTML5.

3.5 Création de cas

Il faisait partie des objectifs initiaux du projet de proposer un outil de création de cas efficace et ergonomique. L'outil auteur, accessible en ligne, est découpé en 7 étapes : présentation, interrogatoire, examen clinique, actes, diagnostic, prescriptions et résumé. L'auteur du cas y modifie les réponses par défaut, ajoute des médias, change la notation et crée des commentaires pour justifier ou préciser la notation. Les éléments modifiés sont mis en évidence. L'auteur conserve par défaut la propriété de son cas, mais il peut choisir de le publier sous licence Creative Commons BY-SA [61].

Le tableau 3.1 donne un aperçu des temps nécessaires à la création de cas. Ces temps sont des points de départ, qui dépendent de l'expérience de l'auteur, de la nature du cas, du public visé, du mode d'usage envisagé... Si le cas est critique, comme pour une évaluation, la phase de test surtout peut prendre beaucoup plus d'ampleur.

étape de création	durée estimée
préparation du cas (contexte, histoire clinique, objectifs pédagogiques...)	2-4 heures
préparation des médias	entre 0 et 2 h
création du cas dans l'outil auteur	1 à 2 heures
tests et améliorations	4 heures (prévoir plusieurs itérations)

Tableau 3.1 – Temps estimés pour la création d'un cas sur Alphadiag

L'outil auteur permet de partir de patients types pour créer un nouveau cas. Les réponses sont ainsi déjà personnalisées en fonction de l'âge et du sexe. Il est également possible de dupliquer des cas existants pour les adapter.

3.6 La base de données

La base de données constitue la base du fonctionnement du logiciel. Elle comprend les listes de toutes les requêtes et actions réalisables : interrogatoire, examen clinique, diagnostics et prescriptions.

3.6.1 Interrogatoire

J’ai constitué la liste en trois étapes :

1. Recensement empirique des principales questions auxquelles je pensais sur la base d’une consultation standard : antécédents, traitements, symptômes courants, etc ;
2. Recensement systématique en parcourant des chapitres d’ouvrages de référence sur un sujet et en notant les questions correspondant aux signes cités ; même processus en utilisant des échelles d’évaluation : Fagerström, etc ;
3. Ajout ponctuel, à la demande des auteurs, des questions manquantes.

La liste des questions doit répondre à trois règles parfois difficiles à concilier. Premièrement, la formulation doit être en langage courant, compréhensible par un patient sans connaissances médicales : *Avez-vous mal à la tête ?* plutôt que *Avez-vous des céphalées ?*

Deuxièmement, il faut éviter les questions redondantes, même partiellement. Les formulations différentes d’une même question n’ont pas leur place dans la liste car :

- la liste deviendrait vite trop longue,
- cela compliquerait la création de cas : l’auteur devant repérer les questions redondantes et dupliquer sa réponse,
- cela augmenterait les risques de contradiction interne,
- cela compliquerait la notation, comme nous le verront plus loin.

Cette règle de construction de la liste des questions est très difficile à respecter. Je l’ai parfois enfreinte volontairement quand j’ai voulu donner la possibilité de demander plus ou moins de détails. Il revient à l’auteur d’éviter les contra-

dictions internes quand la formulation des questions les autorise. Exemple de problème fréquent :

- *Avez-vous des troubles digestifs ?*
- *Non.*
- *Avez-vous vomi ?*
- *Oui.*

Troisièmement, les questions doivent être suffisamment précises pour que l'apprenant ne trouve que ce qu'il cherche.

À :

- *Avez-vous mal ?*
- *Oui, au milieu du ventre, depuis trois jours, c'est très intense.*

On préfère :

- *Avez-vous mal ?*
- *Oui*
- *Où avez-vous mal ?*
- *Au milieu du ventre.*
- *Depuis quand avez-vous mal ?*
- *Depuis trois jours.*
- *Quelle est l'intensité de votre douleur ?*
- *Très intense.*

Certaines questions sont en fait une demande de précision d'une question déjà posée, comme toutes les questions commençant par depuis quand, par exemple. Il était possible de créer des questions génériques : *Depuis quand, à quel endroit....* Nous avons fait le choix d'intégrer chaque question particulière dans la liste pour plus de simplicité et de réalisme, même si cela agrandit beaucoup la liste des questions.

3.6.2 Examen clinique

La constitution de la liste des items de l'examen clinique s'est fait globalement de la même manière que pour l'interrogatoire :

1. examen clinique de base,

2. recensement systématique des signes à l'aide d'ouvrages sur l'examen clinique [62],
3. ajout ponctuel des signes manquants à la demande des auteurs de cas.

J'avais initialement imaginé une représentation graphique du corps humain, que l'on aurait exploré à l'aide d'outils (stéthoscope, main...). Mais cette solution, si elle est plus visuelle, suggère une partie de l'examen, incite à un recueil de données opportuniste, et réduit les possibilités. Nous avons donc utilisé un système de recherche par mot-clé, plus simple, robuste, polyvalent, qui n'influence pas l'apprenant et qui est à mon sens bien plus intéressant sur le plan du raisonnement : l'apprenant ne trouve que ce qu'il cherche. Notre liste contient à ce jour plus de cinq cent items qu'il serait bien difficile de représenter tous graphiquement.

L'autre problème qui s'est posé est celui-ci : faut-il lister les zones examinées ou bien les signes cliniques ? L'apprenant doit-il palper le ventre, ou chercher une hépatomégalie ? La liste des zones à examiner est bien plus courte et plus facile à établir que la liste de toutes les anomalies qu'il est possible d'y découvrir. Il resterait cependant à déterminer à quel niveau de détail s'arrêter : faut-il examiner la bouche, la gorge ou les amygdales pour déceler l'angine ? Nous avons considéré¹ qu'il serait plus intéressant pour l'apprenant de chercher directement les signes cliniques : défense abdominale, hépatomégalie, météorisme, etc. L'apprenant n'est pas aidé : il ne peut pas simplement *mobiliser la nuque*, il doit *chercher une raideur*.

Pour laisser aux auteurs de cas la possibilité d'utiliser des items plus globaux, comme *palpation abdominale*, ceux-ci font aussi partie de la liste. Si un média est utilisé, on préférera l'associer à l'item global. De plus, le niveau de détail doit être limité sous-peine de rendre l'examen trop fastidieux et la liste interminable. On a par exemple *souffle cardiaque* mais pas *souffle d'insuffisance aortique*. On s'adaptera également au sujet du cas. Un cas d'ophtalmologie ne pourra se satisfaire d'un simple *examen de l'oeil* mais s'accommodera parfaitement d'*auscultation cardiaque*.

1. Sur les excellents conseils du Dr Mathias Jacquet-Lagrèze.

Voici deux exemples de réponses possibles pour l'auscultation pulmonaire. On voit que le choix des réponses influence aussi la notation.

- *Auscultation pulmonaire : Précisez (Neutre)*
- *Crépitants pulmonaires : Foyer au sommet droit (Utile)*
- *Frottement pleural : Non (Neutre)*
- *Murmure vésiculaire : Diminué au sommet droit (Utile)*
- *Ronchis : Non (Utile)*
- *Sibilants : Non (Neutre)*

- *Auscultation pulmonaire : Foyer et diminution du murmure au sommet droit (ou média) (Utile)*
- *Crépitants pulmonaires : Voir auscultation (Neutre)*
- *Frottement pleural : Voir auscultation (Neutre)*
- *Murmure vésiculaire : Voir auscultation (Neutre)*
- *Ronchis : Voir auscultation (Neutre)*
- *Sibilants : Voir auscultation (Neutre)*

3.6.3 Diagnostics

Cette liste regroupe les diagnostics médicaux, les diagnostics infirmiers, les résultats de consultation, facteurs de risque, critères de gravité, étiologies, circonstances, scores, etc, permettant de décrire précisément l'état du patient. L'apprenant sélectionne un ou plusieurs éléments de la liste pour constituer son diagnostics. Les diagnostics ne nécessitant pas de réponses, on aurait pu demander à l'apprenant d'entrer son diagnostic en texte libre, mais cela aurait rendu la correction automatique plus difficile.

Il existe des listes que l'on aurait pu utiliser : Classification Internationale des Maladies (CIM), Classification Internationale des Soins Primaires (CISP). Nous avons choisi de créer une liste spécifique au logiciel car la CISP est trop peu précise, tandis que la CIM est trop vaste pour être utilisée facilement et précisément.

3.6.4 Actes et prescriptions

Les actes sont les actions diagnostiques et thérapeutiques réalisables durant la consultation. Le logiciel simule différents environnements en filtrant la liste des actes. Au cabinet, les actes possibles sont peu nombreux : électrocardiogramme, glycémie, sutures... Aux urgences, on a accès à de l'imagerie, de la biologie... Les actes étant réalisés durant la consultation, leur résultat est disponible immédiatement.

A l'issue de la consultation viennent les prescriptions. Le médecin a la possibilité de prescrire ce qu'il veut, quel que soit l'environnement de consultation. Il doit notamment décider de l'orientation du patient (hospitalisation...), du mode de transport, des consultations ultérieures à prévoir, etc. Les prescriptions ne sont pas réalisées lors de la consultation et ne donnent donc pas de résultat. Tous les actes sont aussi disponibles à la prescription. Avoir demandé une numération en urgence n'interdit pas de vouloir la contrôler à distance.

Le fait de permettre à une même action d'être disponible comme acte ou comme prescription impose à l'apprenant de décider s'il en a réellement besoin en urgence.

3.6.5 Environnements

Plusieurs environnements de consultations sont définis, qui déterminent la liste des actes disponibles lors de la consultation. L'environnement est choisi par l'auteur lors de la création du cas. Il peut ajouter ou supprimer des actes de la liste pour son cas. Les environnements prédéfinis sont les suivants :

Consultation en cabinet médical de ville Nombre très réduit d'actes : électrocardiogramme, sutures, glycémies, quelques médicaments...

Consultation en dispensaire Plus de possibilités thérapeutiques qu'en cabinet médical mais pas plus d'examens complémentaires.

Intervention du SMUR De nombreuses possibilités thérapeutiques mais très peu de moyens diagnostiques.

Urgences générales Nombreuses possibilités diagnostiques et thérapeutiques.

Service d’hospitalisation d’un hôpital local Pour les trois environnements suivants, en hospitalisation, on peut considérer que la consultation dure plusieurs jours, voire tout le séjour. Certains examens longs à obtenir peuvent donc fournir un résultat. Plateau technique réduit : service de radiologie et laboratoires courants.

Service d’hospitalisation en centre hospitalier Plateau technique conséquent : radiologie standard, échographie, scanner, laboratoires...

Service d’hospitalisation en CHU Plateau technique complet : Imagerie par Résonance Magnétique (IRM), médecine nucléaire, radiologie interventionnelle...

D’autres environnements sont à l’étude, comme un environnement *régulation médicale* ou l’examen clinique et les actes seraient désactivés.

3.7 Évaluation et usages

Nous avons mené de nombreux tests tout au long du développement afin de vérifier le fonctionnement du logiciel, l’ergonomie et l’absence de bug. En avril 2013, nous avons organisé une après-midi de tests avec des étudiants volontaires de la faculté de médecine Lyon-Est. Les présentations orales aux différents congrès (CNGE, EGFM, Segamed, FormaTICSanté, ANEMF) et le stand au congrès du CNGE à Clermont-Ferrand en novembre 2013, où nous avons pu faire tester le logiciel à de nombreux congressistes, nous ont permis d’avoir de nombreux retours d’utilisateurs. Nous avons fait faire un cas à des médecins en exercice afin de tester l’adhésion des utilisateurs dans ce contexte. Nous avons travaillé avec M. Jérôme Laurent pour adapter l’outil à la formation des infirmiers au raisonnement clinique.

Le docteur Seav Cheng, médecin généraliste, a réalisé sa thèse d’exercice sur l’évaluation du logiciel [60]. Il a mené des tests au sein de la faculté de médecine Lyon-Est avec vingt-deux étudiants de cinquième année et quatre cas cliniques qu’il a réalisés et validés avec le docteur Nadir Kellou.

M. Jérôme Laurent, infirmier, a organisé en mars 2014 une évaluation du logiciel à l’ISEI, école d’infirmiers de l’Université Catholique de Louvain, avec

un cas de gériatrie produits par lui.

D'autres évaluations sont nécessaires. Nous allons mettre en place une évaluation multicentrique comparative en distanciel, de manière plus intégrée dans le cursus, afin de se rapprocher d'une utilisation optimale du logiciel. L'évaluation des résultats devra porter au minimum sur l'acquisition de connaissances (niveau 2 de Kirkpatrick). Il serait également souhaitable de mettre en place une étude de validité comparant les scores obtenus par des experts à ceux obtenus par des étudiants.

Nous voudrions évaluer d'autres modes d'usage, comme la comparaison des comptes rendus des experts avec ceux des apprenants, à la manière des Test de Concordance de Script (TCS). Nous pensons également qu'il serait très intéressant d'évaluer l'usage d'un patient virtuel dans le recueil de données sur les pratiques d'un échantillon de médecins. Le fait de demander aux médecins qu'on veut interroger de réaliser une consultation virtuelle augmente la motivation et l'implication dans l'étude — quoi de plus ennuyeux qu'un long questionnaire sur sa pratique ? — et, la situation étant plus authentique, cela devrait améliorer la fiabilité des résultats.

3.8 Perspectives

3.8.1 Apparence et ergonomie

Notre objectif est de rendre la navigation intuitive, en simplifiant au maximum l'usage pour l'utilisateur, afin qu'il ne soit pas distrait de ses tâches d'apprentissage. La création de cas doit rester très simple et rapide, et ne doit pas nécessiter d'apprentissage.

Nous sommes en train de développer une nouvelle interface en HTML5 qui améliorera la portabilité du site. Nous réalisons des images représentant les environnements. Elles formeront le fond du simulateur. L'apprenant aura ainsi une plus grande sensation d'immersion, et ne pourra pas oublier quel est le contexte de la consultation. Nous réalisons également des images de patients. Nous souhaitons que les patients soient représentés par des dessins plutôt que par des photos car les photos comprennent de nombreux détails qui ne pourront

jamais correspondre exactement au cas. Les dessins peuvent être réaliste, sans pour autant produire de détails incorrects. L’auteur pourra toujours ajouter les photos correspondant exactement à son cas. Nous voulons avoir à disposition une large base de dessins représentant des patients variés, que les auteurs pourront utiliser pour leurs cas. Nous allons permettre l’utilisation de la reconnaissance vocale fournie par les navigateurs.

Nous améliorons le compte rendu de consultation. Nous intégrons un code couleur pour permettre de visualiser facilement les actions positives ou négatives et faciliter l’interprétation de l’historique.

3.8.2 Nouvelles fonctionnalités

Nous allons permettre la désactivation de certaines étapes de la consultation. Cela permettra de créer des cas se concentrant sur certaines étapes, ou de proposer des cas de régulation médicale en désactivant l’examen clinique et les actes.

Nous souhaitons permettre à l’auteur du cas de spécifier si le patient est communicant ou non. Pour les patients non communicant, les questions seront formulées à la troisième personne, et adaptées au sexe du patient.

Pour l’instant, les patients types sont de simples cas cliniques partagés que l’auteur peut dupliquer pour s’en servir comme base pour un nouveau cas. La duplication du cas n’est pas très intuitive. Cela a surtout pour inconvénient d’afficher comme modifiés tous les éléments spécifiques au patient type. Nous allons mettre en place un système plus simple de patients types, où seuls les éléments nouvellement modifiés apparaîtront comme tels.

Pour faciliter la création de cas, nous allons permettre la modification en une fois d’un groupe de questions. Cela permettra d’accélérer le travail de l’auteur, qui pourra par exemple rapidement modifier toutes les questions relatives au malaise, ou passer toute une catégorie en néfaste.

Nous allons intégrer un système de gestion des médias, la *médiathèque*. Elle permettra d’importer des médias (documents, images, sons, vidéos, flash) et de les associer à des méta-données (auteur, date, mots-clés, âge, sexe, données médicales du patient...). Il sera possible d’intégrer des médias directement dans

des formations ou de les utiliser dans des cas cliniques.

Nous allons ajouter la possibilité de créer des questionnaires et de les intégrer aux formations. Les questionnaires intégreront tous types de médias. Ils seront de type choix multiples (QCM), choix simple (QCS) et réponse libre (QROC). Ils permettront d'intégrer des TCS. La navigation entre les questions pourra être libre ou dirigée, ce qui permettra d'avoir des questionnaires proches du système *SIDES^{FP}* prévu pour l'ECNi. La création de parcours cohérents incluant texte, médias, questionnaires et cas interactifs aura une grande valeur pédagogique.

Nous voulons ajouter une dimension collaborative, qui permettra l'enrichissement du contenu par les apports des utilisateurs. Les apports seront sous la forme de notes et de commentaires. L'objectif est triple : informer les utilisateurs sur la qualité des cas ; permettre aux auteurs de les améliorer ; enrichir le contenu par des informations supplémentaires : ressource intéressante, hypothèse alternative, mode d'action...

Nous réfléchissons à l'intégration du cout des actions réalisées dans le compte rendu de consultation.

Nous étudions également la possibilité de donner à l'apprenant des indications sur le codage (PMSI, RCM, DI-RHM) de sa consultation, pour lui permettre de mieux coder.

Conclusion

J'ai tenté de faire le point sur un domaine de la pédagogie en développement rapide en ce moment : l'usage des patients virtuels. On a vu que ces outils répondent à un grand nombre des préoccupations actuelles de l'enseignement : individualiser la formation, autonomiser les étudiants, enseigner et évaluer les processus de décision et de raisonnement. Ils associent la puissance de la simulation à l'efficacité du numérique. La question n'est plus vraiment de savoir *si* mais *comment* les utiliser.

Les freins ne sont plus vraiment techniques, même si de grands progrès sont en cours. Les perspectives sont riches pour les années à venir. Le développement du web, de l'industrie du jeu vidéo et de la réalité virtuelle font apparaître des possibilités immenses pour les patients virtuels. Il faut toutefois garder à l'esprit que les enjeux les plus importants sont la création de contenu de qualité et l'intégration dans les cursus plus que l'innovation technique. C'est la réflexion pédagogique, avec notamment la poursuite de l'évolution de l'enseignement vers le paradigme d'apprentissage, qui doit être le moteur principal de cette évolution, si on veut que ces inventions débouchent sur un progrès réel.

L'évaluation guidant l'apprentissage, les patients virtuels sont l'occasion de proposer un mode d'évaluation en situation authentique, pour amener le travail des étudiants vers le développement des compétences professionnelles plutôt que le bachotage.

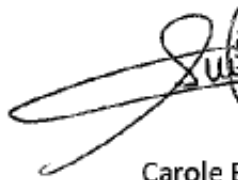
On dit souvent que les patients virtuels sont un moyen d'uniformiser l'enseignement et de compenser un accès réduit au lit du malade. Je crois que ces arguments ne sont acceptables que dans la mesure où il s'agit de combler les lacunes de l'enseignement clinique pour améliorer la formation, et pas de vouloir simplement pallier à un moindre accès au malade ou d'uniformiser la formation. L'enseignement auprès du patient, dans toute sa diversité, reste une composante essentielle de notre formation. C'est d'ailleurs une demande constante des étudiants.

On peut regretter que la grande majorité des patients virtuels soient encore destinés à l'urgence, voir à l'urgence vitale, alors qu'ils présentent un intérêt majeur pour l'apprentissage des compétences nécessaires à tout médecin : raisonnement clinique, recherche d'information, prise de décision en contexte d'incertitude, autoévaluation et même travail en équipe.

Nous avons donc développé Alphadiag, un simulateur de consultation adapté à la pratique et l'évaluation du raisonnement clinique, pour les médecins et les infirmiers. Il est caractérisé par une grande liberté laissée à l'utilisateur avec une navigation exploratoire et des requêtes en langage naturel, ainsi que par un processus très simple de création et partage de cas. Nous l'avons testé avec succès en situation de formation médicale initiale et continue. Nous travaillons au développement d'une version spécifique aux infirmiers, et à la mise en place d'évaluations plus rigoureuses de la validité et de l'efficacité pédagogique.

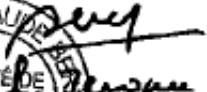
Il est important de continuer le travail de développement, d'évaluation et d'implémentation des patients virtuels dans la formation des professionnels de santé. Il en va de la qualité des soins comme de l'humanité de la formation.

Vu, Le Doyen de la Faculté
de Médecine et de Maïeutique
Lyon-Sud Charles Merieux




Carole BURILLON

Le Président de la Thèse
(Nom et signature)




Professeur Jérôme Étienne

Vu et Permis d'imprimer
Lyon, le 30/04/2014

Vu, le Président de l'Université
Le Président du Comité de Coordination
des Etudes Médicales




Professeur François-Noël GILLY

Lexique

Acte Dans Alphadiag, action diagnostique ou thérapeutique pouvant être effectuée durant la troisième étape de la consultation. Les actes fournissent des résultats. La liste des actes est constituée de la liste des prescriptions, filtrée en fonction de l'environnement (voir p. 70).

Andragogie Le terme a été proposé pour désigner l'enseignement aux adultes mais son usage ne s'est jamais développé. On parle aujourd'hui indifféremment de pédagogie quel que soit l'âge.

Apprentissage (paradigme d') Le paradigme d'apprentissage vise à permettre aux apprenants de construire des compétences réutilisables en accordant de l'importance aux acquis préalables et aux particularités des apprenants (voir p. 19). Voir aussi paradigme d'enseignement.

Authentique (activité) Activité similaire à celle des experts du domaine confrontés à un problème réel.

Behaviorisme ou comportementalisme. Courant psychologique qui juge que les processus cognitifs sont inaccessibles à l'observateur, et considère donc le sujet observé comme une *boite noire*, dont on ne peut observer que les comportements. Il succède à la fin du XIX^e siècle au mentalisme, utilisant l'introspection, et cède le pas après les années 1950 au cognitivisme. Skinner en est un des grands représentants.

Blended learning Formation mélangeant des enseignements en présentiel et en distanciel.

Brique fonctionnelle Partie du logiciel remplissant une fonction particulière. Les briques constitutives d'Alphadiag sont : mon compte, aide, simulateur, liste des formations, gestion des formations, liste des cas,

outil auteur, tableau de bord, gestion des utilisateurs, gestion des organisations, back-office.

Cas clinique En formation médicale, étude de cas, situation clinique rapportée dans un but d'apprentissage. Les cas cliniques classiques se présentent en général sous la forme d'un court exposé de la situation clinique, suivi de 5 ou 6 questions à réponse ouverte courte. La réforme de l'ECNi prévoit d'utiliser dans la base du *Système Informatique Distribué d'Évaluation en Santé (SIDES)*^{TP} des cas cliniques progressif de type QCM ou QROC, pour lesquels l'accès à une question ne pourra se faire qu'après avoir validé la réponse à la question précédente. Pour les patients virtuels, les cas cliniques sont les différentes situations cliniques représentées. Dans Alphadiag, un cas clinique comprend : une description de la situation et du patient (âge, sexe, caractéristiques remarquables, environnement de consultation...); un ensemble de réponses, notations et commentaires pour chaque étape de la consultation (questions, examen clinique, actes, diagnostic, prescriptions); des médias (image, son, vidéo, pdf); un texte de commentaire pour le compte rendu.

Carte Désigne une étape dans certains types de patients virtuels. L'apprenant passe de carte en carte. Quand la succession des cartes est la même pour tous, on parle d'une narration linéaire. Quand les choix de l'apprenant l'entraînent vers des séries de cartes différentes, on parle de narration ramifiée (*branching design*).

Cloud computing ou informatique en nuage ou logiciel infonuagique : système informatique reposant sur l'utilisation de matériel, de connexion réseau et de logiciels que les utilisateurs peuvent utiliser en libre service en ligne. Le *cloud* libère l'utilisateur des problématiques de stockage, sauvegarde et mises à jour et facilite le partage des données, mais nécessite une connexion Internet à bon débit. Le fait qu'Alphadiag soit en ligne permet notamment aux cas d'être mis à jour et partagés facilement.

Cognitivisme Courant psychologique qui s'est développé à partir des années 1950, et qui envisage l'étude des processus cognitifs, s'opposant en cela au behaviorisme.

Compétence Un savoir-faire complexe qui utilise des ressources internes et externes pour résoudre un type de problème.

Compte rendu de consultation Feedback généré automatiquement par Alphadiag à l'issue d'une consultation, contenant des scores, un commentaire de l'auteur, une analyse des actions de l'apprenant et un historique de la consultation.

Constructivisme Théorie de la genèse des connaissances élaborée par Jean Piaget, psychologue et épistémologue suisse. Elle stipule que les connaissances ne viennent ni d'une transmission d'un individu à un autre, ni des sensations, mais « *qu'elles sont construites par l'individu par l'intermédiaire des actions qu'il accomplit sur les objets* » [63][12]. On peut dégager ces trois concepts formant la base de l'apprentissage constructiviste : les apprentissages sont indissociables de la manière dont ils ont été appris ; les conflits cognitifs sont à la base des apprentissages (l'enseignement consiste donc à procurer à l'apprenant des contextes dans lesquels il pourra expérimenter et résoudre des conflits cognitifs) ; les connaissances évoluent grâce aux interactions sociales et à l'évaluation de la viabilité de ses propres conceptions [4].

Consultation Dans Alphadiag, activité de l'apprenant face au cas clinique. La consultation comprend 5 étapes : interrogatoire, examen clinique, actes, diagnostic et prescriptions au sein desquelles l'apprenant navigue librement. Elle se termine lorsque l'apprenant clique sur *terminer la consultation*, ce qui lui donne alors accès au compte rendu de consultation.

Courbe de Gauss, courbe en I, courbe en J La répartition *normale*, formant une courbe de Gauss, est courante dans la nature. On pourrait attendre, et on attend souvent, que les résultats des apprenants se répartissent de telle manière autour de la moyenne. Hors en pédagogie, le but étant de former au mieux les apprenants, il faut au contraire chercher à ce qu'à la fin de l'enseignement, le maximum d'apprenants maîtrise le sujet. On doit donc chercher à obtenir une courbe en J. Au début de la formation, les apprenants n'étant pas censé réussir les tests, on aura

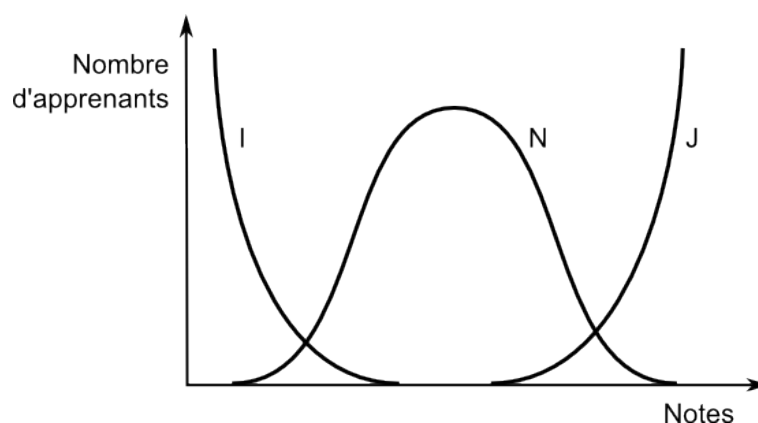


FIGURE 3.6 – Courbe en I, courbe en J et courbe de Gauss

plutôt une courbe en I (voir figure 3.6).

Curriculum « *Énoncé d'intentions de formation comprenant : la définition du public cible, les finalités, les objectifs, les contenus, la description du système d'évaluation, la planification des activités, les effets attendus quand à la modification des attitudes et des comportements des individus en formation. Ce terme [...] s'oppose à la notion de programme (description d'une liste de contenus), utilisée généralement en pédagogie traditionnelle* » [63].

Diagnostic Dans Alphadiag, la liste des diagnostics comprend des diagnostics médicaux, des diagnostics infirmiers, des résultats de consultation, des signes, symptômes et plaintes, des scores, des causes et des circonstances, le tout permettant de décrire précisément la situation globale du patient.

Distanciel (enseignement) Enseignement à distance. Contraire d'enseignement présentiel.

Docimologie Étude de la qualité et de la validité des différents systèmes de contrôle des connaissances.

Efficacité et efficience L'efficacité est le rapport des résultats obtenus en regard des objectifs. Un système qui atteint ses objectifs est efficace. En pédagogie, l'évaluation des résultats est complexe. Elle peut se baser sur l'opinion des formés, les aptitudes acquises et les répercussions sur la santé (voir p. 20). L'efficience est le rapport des efforts fournis en regard

des résultats. Les efforts fournis peuvent être du temps passé, de l'argent dépensé, des ressources consommées... Prendre un marteau pour écraser une mouche est efficace mais peu efficient.

Dans Alphadiag, le score d'efficacité est le rapport du nombre d'actions utiles effectuées sur le total des actions utiles. Il répond à la question : « l'apprenant a-t-il fait ce qu'on attendait de lui ? » Le score d'efficience est le rapport du nombre d'actions utiles effectuées sur le total des actions utiles. Il répond à la question : « l'apprenant a-t-il fait beaucoup d'actions inutiles ? » Voir aussi score.

E-learning « *Utilisation des nouvelles technologies multimédias et de l'Internet, pour améliorer la qualité de l'apprentissage en facilitant l'accès à des ressources et des services, ainsi que les échanges et la collaboration à distance* » [1]. Le e-learning ne se limite donc pas à l'enseignement à distance.

Enseignement (paradigme d') Le paradigme d'enseignement vise à l'acquisition de connaissances, sans prendre en compte les particularités de chaque apprenant (voir p. 19). Voir aussi paradigme d'apprentissage.

Environnement de consultation Différents contextes de consultation disponibles dans Alphadiag : cabinet de ville, consultation en dispensaire, service d'urgence, intervention du Service Médical d'Urgence et de Réanimation (SMUR), service d'hospitalisation en hôpital local, centre hospitalier et Centre Hospitalier Universitaire (CHU), régulation médicale. L'environnement détermine la liste des actes disponibles.

Erreur L'erreur en pédagogie est considérée de manière très différente selon les auteurs. Skinner préconise d'éviter de provoquer des erreurs chez les apprenants, dans une optique de renforcement uniquement positif. D'autres, plus proches du courant cognitiviste, considèrent que l'erreur est un événement potentiellement utile à l'apprentissage [63]. Selon le point de vue que l'on adoptera, on construira les cas cliniques de manière évidemment très différente : de manière à provoquer des erreurs fructueuses en enseignement, ou de manière à les éviter, si l'on veut favoriser le renforcement positif.

Évaluation Une évaluation *sommative* est réalisée en vue d'un classement ou d'une sélection. Une évaluation *formative* sert à informer l'enseignant ou l'apprenant du degré d'atteinte des objectifs. Dans Alphadiag, l'évaluation est formative si l'apprenant a accès au compte-rendu. L'évaluation peut également être sommative si le simulateur est utilisé dans le cadre d'un examen.

Le résultat d'une évaluation *normative* est comparé aux résultats du groupe. Le résultat d'une évaluation *critériée* est comparé à un critère prédéfini, comme par exemple la notation des items dans Alphadiag.

Examen Clinique Objectif Structuré (ECOS) Type d'examen basé sur des stations multiples et bien codifiées explorant des compétences cliniques telles que la relation médecin-patient, les connaissances médicales, la collecte de données, les habiletés de raisonnement clinique, les habiletés de leadership, l'examen physique, la démonstration d'un comportement éthique et professionnel, les aptitudes à communiquer, etc [64].

Feedback Information en retour, aussi appelé rétroaction. Le *feedback de régulation* va de l'apprenant à l'enseignant ; il permet la remédiation. Le *feedback d'information* va de l'enseignant à l'apprenant ; c'est un élément d'évaluation formatrice. Ici, le compte rendu de consultation contient les deux types de feedback : il contient des informations sur la consultation de l'apprenant, qui informent l'enseignant sur le niveau de celui-ci ; il contient des éléments de correction, qui informent l'apprenant sur ses réussites et ses lacunes.

Fidélité Un outil d'évaluation est fidèle si sa mesure est reproductible : appliqué au même travail, il donne la même note.

Gamification Introduction de ressorts ludiques dans une activité réalisée habituellement de manière sérieuse. L'exemple le plus trivial est de transformer une cuillère en avion qui atterrit dans la bouche de l'enfant pour rendre le repas amusant, alors que ce n'est pas son but initial.

Interactif, interactivité Un logiciel est dit interactif si il répond de manière différenciée aux actions de l'apprenant.

Maitrise Voir objectif de maitrise et pédagogie de la maitrise.

Microsimulation La microsimulation a été introduite dans les années 50 pour aider à la prise de décision dans les politiques sociales. Graduellement, le concept de microsimulation a été de plus en plus utilisé, notamment dans le domaine des politiques de santé, et maintenant dans le processus de décision clinique.

Les modèles de microsimulation décrivent des événements et leurs conséquences au niveau d'un individu unique, avec pour but de fournir une information capable de guider la décision, en générant des prédictions. On construit une population virtuelle en répétant la simulation un grand nombre de fois. La microsimulation peut par exemple être utilisée pour prévoir des tendances dans la mortalité et l'incidence de certaines maladies pour différentes politiques de santé, ou comparer l'efficacité et le rapport cout-efficacité de différents traitements [65][66][67].

On peut s'aider de l'exemple de la simulation de trafic automobile pour comprendre le concept de microsimulation. Les modèles traditionnels considèrent le trafic comme un ensemble de véhicules se comportant de la même manière, typiquement exprimé en nombre de voitures par heure. Lorsqu'il s'agit de modéliser une situation complexe, ces modèles ne sont plus satisfaisants et il devient nécessaire de simuler le comportement de chaque conducteur de manière individuelle [68].

Le terme est parfois utilisé pour désigner l'utilisation des simulateurs pédagogiques, probablement en référence au logiciel Microsim. Comme cela prête à confusion avec l'usage du terme dans la littérature, je pense qu'il faut réserver le terme de microsimulation à la modélisation à l'échelle individuelle, et les termes de patient virtuel ou simulateur virtuel aux logiciels pédagogiques.

Massive Open Online Courses (MOOC) ou Cours en ligne ouvert à tous. Plateformes de formation en ligne d'accès libre, offrant des contenus pédagogiques en libre accès, organisés en cours complets, et proposant en général une reconnaissance du travail effectué par l'apprenant.

Niveau de preuve Classification du niveau de validité scientifique des informations dans la médecine factuelle.

- A. Données issues de méta-analyses irréfutables ou de sciences exactes.
- B. Données scientifiques concordantes, consensus international.
- C. Données locales, avis d'expert.
- D. Données issues de l'habitude.
- E. Absence de données exploitables.

Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) Les TIC « couvrent un ensemble d'outils, basés sur l'informatique et sur les réseaux, permettant l'accès à ou la mise en partage de données, codées de manière numériques, concernant des textes, des images, des sons etc » [21]. Cela n'a plus vraiment de sens de les appeler les Nouvelles Technologies de l'information et de la Communication (NTIC), alors que certaines sont présentes depuis plusieurs décennies.

Notation Pondération des items d'un cas clinique, personnalisée par l'auteur du cas, servant à générer le compte rendu de consultation. La notation est *neutre* par défaut. Pour les questions et l'examen clinique, elle peut être *indispensable*, *utile* ou *neutre*. Pour les actes, les diagnostics et les prescriptions, elle peut être *indispensable*, *utile*, *neutre*, *néfaste* ou *excluant*. Voir aussi score et compte rendu.

Note Voir score.

Objectif pédagogique, pédagogie par objectifs D'après Chalvin, cité par [24], « un objectif [pédagogique] correspond à la description d'un ensemble de comportements ou de performances dont le formé doit se montrer capable pour être reconnu compétent ». La pédagogie, ou approche par objectif est issue des travaux de Bloom (voir pédagogie de la maîtrise) et Mager. D'après Robert Mager, un objectif pédagogique doit comprendre :

1. la performance attendue de l'élève, en terme de comportement observable,
2. les conditions de réalisation du comportement attendu,
3. les critères d'évaluation (performance minimale à atteindre).

Les pédagogues insistent sur la nécessité de veiller à la cohérence des objectifs par rapport aux finalités de la formation et aux objectifs généraux. Un manque de rigueur dans la définition des objectifs entraîne

facilement dans le piège de la définition d'objectifs spécifiques multiples faciles à évaluer mais dont l'ensemble ne recouvre plus l'objectif général.

Objectifs de maîtrise et objectifs de transfert Le docimologue américain Benjamin Bloom est l'auteur d'une taxonomie des objectifs pédagogiques du domaine cognitif, en 6 domaines :

1. connaissance,
2. compréhension,
3. application,
4. analyse,
5. synthèse,
6. évaluation.

La connaissance et la compréhension sont considérés comme de niveau inférieur, plus simples, et appelés *objectifs de maîtrise*. Les quatre autres niveaux sont dits supérieurs, ce sont les *objectifs de transfert*. La mise en situation par la simulation est particulièrement adaptée à l'apprentissage et l'évaluation des objectifs plus complexes que sont les objectifs de transfert.

Patient standardisés ou patients simulés : acteurs formés pour jouer une situation clinique de manière reproductible, suivant un synopsis prédéfini (d'où le terme *standardisés*). Des versions non scénarisées — appelées par Llorca *pathodrames* —, souvent jouées entre apprenants, laissent plus de liberté aux participants. Elles permettent notamment aux apprenants de s'approprier le rôle du patient, et de jouer sur les conséquences des actions de chacun. Elles sont potentiellement plus immersives et riches sur le plan affectif.

Patient virtuel Les patients virtuels sont une simulation informatique interactive de scénarios cliniques réels ayant pour but l'enseignement, l'entraînement ou l'évaluation des professionnels de santé [9].

Pédagogie active A l'origine, pédagogie basée sur les activités et préoccupations des enfants. Aujourd'hui, il s'agit des méthodes impliquant l'apprenant dans les choix pédagogiques. Ainsi il ne suffit pas de proposer

des activités aux apprenants, mais bien de les faire s'impliquer dans la programmation de leurs apprentissages pour pouvoir se réclamer de la pédagogie active. Dewey parle aussi d'*école nouvelle*.

Pédagogie de la maîtrise Méthode créée dans les années 60 par les américains Bloom et Carroll qui met l'accent sur l'évaluation formative, le feedback et la remédiation (voir p. 17).

Prescription Dans Alphadiag, dernière étape de la consultation. Les prescriptions ne génèrent pas de résultat. La liste des actes est constituée de la liste des prescriptions, filtrée en fonction de l'environnement.

Problème complexe, ou mal défini (*ill-defined* ou *ill-structured problem*)

Il s'agit de problèmes dont toutes les données ne sont pas connues d'emblée, évolutif, ne pouvant être résolu avec un haut degré de certitude (voir p. 32).

Présentiel Formation en présence de l'enseignant, en classe. Contraire de formation distancielle.

Prérequis (test de) Le test de prérequis sert à vérifier que les apprenants disposent bien des connaissances nécessaires pour aborder l'enseignement (on devrait avoir une courbe en J). Certains jugent que la maîtrise des prérequis pourrait être la variable fondamentale pour expliquer la réussite ou l'échec des apprentissages, plus que la méthode pédagogique choisie. Cela justifie l'importance de leur vérification, ainsi que l'importance des séances de remédiation. À ne pas confondre avec le prétest.

Prétest Le prétest est réalisé avant une formation pour évaluer les apprenants sur le sujet de l'enseignement (on devrait avoir une courbe en I). À ne pas confondre avec le test de prérequis.

Remédiation « *Dispositif [...] qui consiste à fournir à l'apprenant de nouvelles activités d'apprentissage pour lui permettre de combler les lacunes diagnostiquées lors d'une évaluation formative* » [63].

Requête Interrogation faite au simulateur, appelant une réponse de sa part. Il peut s'agir d'une question de l'interrogatoire, d'un élément de l'examen clinique ou d'un acte. Les diagnostics et les prescriptions n'appellent pas de réponse, ce ne sont pas des requêtes.

Résultat Dans Alphadiag, lorsque l'apprenant pose une question, pratique un élément de l'examen clinique ou effectue un acte, le logiciel lui fournit un résultat pouvant être sous forme de texte ou de média.

Responsive design Mode de conception d'un site web lui permettant de s'afficher de manière différente selon la taille et l'orientation de l'écran, de manière à rester lisible sur un ordinateur, une tablette ou un smartphone.

Savoir, savoir-faire, savoir-être Classification qui peut être rapprochée de la taxonomie des objectifs de Bloom, classant les objectifs pédagogiques en domaine affectif, cognitif et psychomoteur. Dans la classification *savoir, savoir-faire, savoir-être*, le savoir correspond aux connaissances déclaratives, le savoir-faire aux connaissances procédurales (et pas seulement psycho-motrices) et le savoir-être aux connaissances du domaine affectif.

Score et note La note est une appréciation, toujours relative : *bon travail*. Le score est le résultat objectif découlant de règles fixes : nombre de fautes, nombre de bonnes réponses. Un score peut être attribué en positif ou en négatif. Alphadiag fournit des scores (global, efficacité, efficience) attribués en positif (efficacité), en négatif (efficience) et les deux (score global). De plus, chaque action est notée (*indispensable, utile, neutre, néfaste, excluant*). Pour le calcul des scores, voir p. 61.

Script « *La théorie des scripts postule qu'en situation clinique les médecins mobilisent des réseaux de connaissance préétablis, des scripts, qui sont utilisés pour comprendre cette situation et agir en fonction de buts diagnostiques, d'investigation ou de traitement* » [69].

Serious game ou *jeux sérieux*. Dispositif combinant une intention sérieuse et des ressorts ludiques. Le terme en est venu à désigner quasi exclusivement des jeux vidéos, mais il existe d'autres types de jeux sérieux : jeux de plateau, jeux de rôles... Les patients virtuels peuvent être considérés comme une forme de serious game par leur aspect interactif, mais ils ne comprennent en général pas d'ajout d'élément ludique.

Simulateur Dispositif de simulation. Dans un patient virtuel, j'appelle simulateur l'infrastructure logicielle, par opposition au contenu de formation

qu'est le cas clinique.

Simulation La simulation est la représentation d'un système que l'on veut étudier par un système plus ou moins simplifié obéissant aux mêmes règles. Les simulateurs peuvent servir à la formation (simulateurs de vols pour les pilotes) ou à l'étude du système considéré (simulateurs de trafic pour la conception des systèmes de transport). Ils peuvent être physiques (mannequins haute fidélité), virtuels (logiciels informatiques) ou mixtes. *« Le terme simulation en santé correspond à l'utilisation d'un matériel (comme un mannequin ou un simulateur procédural), de la réalité virtuelle ou d'un patient standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soin, dans le but d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de répéter des processus, des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels »*².

Test de Concordance de Script (TCS) Test consistant à présenter à l'apprenant un problème clinique et à lui demander l'effet que provoque un élément d'information supplémentaire. Par exemple : Vous suspectez une tumeur urothéliale. L'échographie rénale est normale. Est-ce que cela renforce ou affaiblit votre hypothèse ? L'évaluation est basée sur le degré de similitude entre le script du candidat et ceux des médecins expérimentés d'un panel de référence, d'où le nom de test de concordance [69].

Transfert Voir objectif de transfert.

Validité Un outil d'évaluation est valide si il mesure effectivement l'objectif qu'il prétend mesurer.

2. Chambre des représentants des États-Unis d'Amérique, 111th congress 02-2009, cité par [8].

Bibliographie

- [1] Commission européenne. Plan d'action eLearning. Penser l'éducation de demain. Bruxelles : Commission des communautés européennes ; 2001. COM(2001)172 final.
- [2] WISE 2012, la classe est finie. Cahier du « Monde » numéro 21094. Le Monde. 2012 Nov ;.
- [3] Chu LF, Chan BK. Evolution of web site design : implications for medical education on the internet. Computers in Biology and Medicine. 1998 Sep ;28(5) :459–472.
- [4] Kirkley SE, Kirkley JR. Creating next generation blended learning environments using mixed reality, Video Games and Simulations. TechTrends. 2004 May ;49(3) :42–53.
- [5] Institut de recherche et documentation en économie de la santé. Démographie des médecins ; 2013. Available from : <http://www.irdes.fr/EspaceEnseignement/ChiffresGraphiques/Cadrage/DemographieProfSante/DemoMedecins.htm>.
- [6] Salamon R. Formation sur Internet pour toucher un public peu accessible. Exemple d'un Diplôme d'Université (DU) consacré à l'épidémiologie. In : Formation médicale et technologies de l'information et de la communication. vol. 14. Springer ; 2002. p. 127–136.
- [7] Boulos MN, Maramba I, Wheeler S. Wikis, blogs and podcasts : a new generation of Web-based tools for virtual collaborative clinical practice and education. BMC Medical Education. 2006 Aug ;6(1) :41. PMID : 16911779.

- [8] Granry JC, Moll MC. État de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé dans le cadre du développement professionnel continu et de la prévention des risques associés aux soins. Haute Autorité de Santé; 2012.
- [9] Ellaway R, Candler C, Greene P, Smothers V. An architectural model for MedBiquitous virtual patients. Baltimore, MD : MedBiquitous. 2006;.
- [10] Dewey J. *Experience et éducation* (traduit par M. A. Carroi). Paris : Armand Colin; 1968.
- [11] Dewey J. *L'école et l'enfant* (traduction originale de L. S. Pidoux revue et augmentée par Gérard Deledalle). Paris : Fabert; 2004.
- [12] Piaget J. *Psychologie et pédagogie*. Editions Denoël; 1969.
- [13] Le Beux P, Le Duff F, Weber J, Darmoni S, Benhamou AC. Intégration des nouvelles technologies éducatives dans l'Université Médicale Virtuelle Francophone. In : *Formation médicale et technologies de l'information et de la communication*. vol. 14. Springer; 2002. p. 3–12.
- [14] Nunziati G. Formatrice ? Vous avez dit formatrice ? *Cahiers pédagogiques*. 1990;(280) :48.
- [15] Jouquan J, Bail P. A quoi s'engage-t-on en basculant du paradigme d'enseignement vers le paradigme d'apprentissage ? *Pédagogie médicale*. 2003 Aug;4(3) :163–175.
- [16] Kaufman DM. L'éducation centrée sur l'enseignant ou centrée sur l'apprenant : une fausse dichotomie. *Pédagogie médicale*. 2002 Aug;3(3) :145–147.
- [17] Presseau A. Le paradigme d'apprentissage. *Le fil*. 2000;1 :1–2.
- [18] Schmidt HG, Dauphinee WD, Patel VL. Comparing the effects of problem-based and conventional curricula in an international sample. *Journal of medical education*. 1987 Apr;62(4) :305–315. PMID : 3560175.
- [19] Maudsley G. Do we all mean the same thing by "problem-based learning" ? A review of the concepts and a formulation of the ground rules. *Academic medicine : journal of the Association of American Medical Colleges*. 1999 Feb;74(2) :178–185. PMID : 10065058.

- [20] Burgun A, Le Duff F, Frenel A, Siregar P, Julien N, Grosbois B, et al. Vers l'intégration des NTIC dans une approche pédagogique par problèmes en médecine. *Informatique et Santé* ;p. 185–94.
- [21] Denef JF. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) dans la formation médicale, au service de l'acquisition et du développement des compétences professionnelles. *Pédagogie médicale*. 2001 Feb ;2(1) :42–50.
- [22] Langendyk V. Not knowing that they do not know : self-assessment accuracy of third-year medical students. *Medical education*. 2006 Feb ;40(2) :173–179. PMID : 16451246.
- [23] Kirkpatrick DL. Techniques for Evaluating Training. *Training & Development Journal*. 1979 ;33(6) :78–92.
- [24] Llorca G. La formation médicale : aspects conceptuels. *Méditations* ; 1999.
- [25] Polère C, Demourieux SM. Lyon dans l'histoire mondiale de la santé, une approche par les conceptions et les systèmes de santé ; 2007.
- [26] Hautemulle M. La complémentarité distanciel-présentiel. *Objectif soins & management*. 2013 ;221.
- [27] Commission européenne. E-Learning – Penser l'éducation de demain. Bruxelles : Commission des communautés européennes ; 2000. COM(2000) 318 final.
- [28] Fourgous JM. « Apprendre autrement » à l'ère numérique. Se former, collaborer, innover : un nouveau modèle éducatif pour une égalité des chances. Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche ; 2012. Available from : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/124000169/0000.pdf>.
- [29] Friedman RB. Top ten reasons the World Wide Web may fail to change medical education. *Academic Medicine*. 1996 Sep ;71(9) :979–981.
- [30] Laplanche O. La simulation pédagogique virtuelle est-elle l'apprentissage de demain ? [Vidéo en ligne] ; 2011. Available from : http://www.canal-u.tv/video/canal_u_medecine/formation_medicale_2011_la_simulation_pedagogique_virtuelle_est_elle_l_apprentissage_de_demain.8237.

- [31] Rabischong P, Martin X, Granry JC, Richard N. Expériences et projets numériques en formation médicale [Vidéo en ligne]; 2011. Available from : http://www.canal-u.tv/video/canal_u_medecine/formation_medecale_2011_experiences_et_projets_numeriques_en_formation_medecale_discussion.8154.
- [32] Boissier C. Réformes et adaptation des stratégies facultaires [Vidéo en ligne]; 2013. Available from : http://www.canal-u.tv/video/canal_u_medecine/2emes_etats_generaux_de_la_formation_et_de_la_recherche_medicales_reformes_et_adaptation_des_strategies_facultaires.13623.
- [33] Kamin C, O'Sullivan P, Deterding R, Younger M. A comparison of critical thinking in groups of third-year medical students in text, video, and virtual PBL case modalities. *Academic Medicine*. 2003;78(2) :204–211.
- [34] Wilson JI. A qualitative study of postgraduate students' perceptions of virtual patients in emergency medicine tutorials. *International Journal of Medical Education*. 2012;3 :115–123.
- [35] Friedman CP, France CL, Drossman DD. A randomized comparison of alternative formats for clinical simulations. *Medical decision making*. 1991;11(4) :265–272.
- [36] Welka A, Splietha C, Wierinckx E, Gilpatrick RO, Meyera G. Computer-assisted learning and simulation systems in dentistry - A challenge to society. *International journal of computerized dentistry*. 2006;9 :253–265.
- [37] Haute Autorité de Santé. Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé; 2012.
- [38] Charlin B, Bordage G, Van Der Vleuten C. L'évaluation du raisonnement clinique. *Pédagogie médicale*. 2003 Feb;4(1) :42–52.
- [39] Meller G. A typology of simulators for medical education. *Journal of digital imaging*. 1997;10(1) :194–196.
- [40] D'Alessandro DM, Lewis TE, D'Alessandro MP. A pediatric digital storytelling system for third year medical students : The Virtual Pediatric Patients. *BMC Medical Education*. 2004 Jul;4 :10. PMID : 15260883 PMCID : PMC493274.

- [41] Cook DA, Triola MM. Virtual patients : a critical literature review and proposed next steps. *Medical Education*. 2009 ;43(4) :303–311.
- [42] Ellaway R, Poulton T, Fors U, McGee JB, Albright S. Building a virtual patient commons. *Medical Teacher*. 2008 Jan ;30(2) :170–174.
- [43] Cook DA, Erwin PJ, Triola MM. Computerized virtual patients in health professions education : a systematic review and meta-analysis. *Academic Medicine*. 2010 Oct ;85(10) :1589–1602.
- [44] Bitzer M. Clinical nursing instruction via the PLATO simulated laboratory. *Nursing research*. 1966 ;15(2) :144–150.
- [45] Posel N, Fleischer D, Shore BM. 12 Tips : Guidelines for authoring virtual patient cases. *Medical Teacher*. 2009 Jan ;31(8) :701–708.
- [46] Balasubramaniam C, Poulton T. Repurposing existing virtual patients. *JISC* ; 2009.
- [47] Hege I, Zary N, Kononowicz AA. Criteria to assess the quality of virtual patients. *Studies in health technology and informatics*. 2012 ;180 :954–957. PMID : 22874334.
- [48] Kononowicz AA, Hege I, Krawczyk P, Zary N. New approaches to linking clinical guidelines to virtual patients. *Studies in health technology and informatics*. 2012 ;180 :958–962. PMID : 22874335.
- [49] Piriou V, Molliex S, Tournadre JP, Llorca G, Chaumette F, Bastien O, et al. Evaluation d’un enseignement magistral par simulateur d’anesthésie informatique en formation initiale des infirmiers anesthésistes. *Pédagogie médicale*. 2002 May ;3(2) :108–115.
- [50] Rocha BJB. O paciente virtual no ensino de competências para a prática da atenção farmacêutica. Universidade Federal de Sergipe. Aracaju ; 2013.
- [51] Van Overbergh P, Bellemarre P. Simulateur en raisonnement clinique - De la physiothérapie vers les autres professions du domaine santé [Vidéo en ligne] ; 2013. Available from : http://www.canal-u.tv/video/canal_u_medecine/formatic_paris_2013_simulateur_en_raisonnement_clinique_de_la_physiotherapie_vers_les_autres_professions_du_domaine_sante.11937.

- [52] Triola MM, Cook DA. Virtual patients : are we in a new era ? *Academic Medicine*. 2011 Feb ;86(2) :151.
- [53] Zary N, Johnson G, Boberg J, Fors UG. Development, implementation and pilot evaluation of a Web-based Virtual Patient Case Simulation environment – Web-SP. *BMC Medical Education*. 2006 Feb ;6(1) :10. PMID : 16504041.
- [54] Huwendiek S, De Leng BA, Zary N, Fischer MR, Ruiz JG, Ellaway R. Towards a typology of virtual patients. *Medical Teacher*. 2009 Jan ;31(8) :743–748.
- [55] Gout L. UrgenTIC : Se préparer au pire en environnement virtuel ; 2012. Available from : <http://urgentic.blogspot.fr/2012/06/se-preparer-au-pire-en-environnement.html>.
- [56] Moiraud JP. Urgences immersives et simulation - Se préparer virtuellement aux catastrophes du réel ; 2012. Available from : <http://moiraudjp.wordpress.com/2012/06/15/urgences-immersives-et-simulation/>.
- [57] Triola MM, Campion N, McGee JB, Albright S, Greene P, Smothers V, et al. An XML standard for virtual patients : exchanging case-based simulations in medical education. In : *AMIA Annual Symposium Proceedings*. vol. 2007 ; 2007. p. 741.
- [58] Triola M, Feldman H, Kalet AL, Zabar S, Kachur EK, Gillespie C, et al. A randomized trial of teaching clinical skills using virtual and live standardized patients. *Journal of General Internal Medicine*. 2006 ;21(5) :424–429.
- [59] Audétat MC, Laurin S, Sanche G. Aborder le raisonnement clinique du point de vue pédagogique : I. Un cadre conceptuel pour identifier les problèmes de raisonnement clinique. *Pédagogie Médicale*. 2011 Nov ;12(4) :223–229.
- [60] Cheng S. Évaluation d'un simulateur de consultations virtuel en médecine générale. Université Claude Bernard - Lyon 1. Lyon, France ; 2014.
- [61] Licence Creative Commons BY-SA 3.0 ;. Available from : <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/fr/>.
- [62] Talley NJ, O'Connor S. Examen clinique en poche. Maloine ; 2012.

- [63] Raynal F, Rieunier A, Postic M. Pédagogie : Dictionnaire des concepts clés : Apprentissages, formation, psychologie cognitive. ESF ; 1997.
- [64] Université de Fribourg. Guide pour les examens des compétences cliniques (OSCE/ECOS) à l'usage des enseignants évaluateurs;. Available from : <http://www.unifr.ch/clinical-skills/assets/files/Examens/guide%20eval.pdf>.
- [65] Canada S. Définition de la microsimulation dynamique en sciences sociales; 2009. Available from : <http://www.statcan.gc.ca/microsimulation/modgen/new-nouveau/chap1/chap1-2-fra.htm>.
- [66] Battes L, Kardys I, Barendse R, Steyerberg EW, Amiri M, Eijkemans MJC, et al. Microsimulation for clinical decision-making in individual patients with established coronary artery disease : a concept. *Circulation journal : official journal of the Japanese Circulation Society*. 2013;77(3) :717–724. PMID : 23196719.
- [67] Rutter CM, Zaslavsky AM, Feuer EJ. Dynamic microsimulation models for health outcomes. A review. *Medical Decision Making*. 2011 Jan;31(1) :10–18. PMID : 20484091.
- [68] Fox K. Introduction to microsimulation;. Available from : <http://www.microsimulation.drfox.org.uk/intro.html>.
- [69] Charlin B, Gagnon R, Sibert L, Van der Vleuten C. Le test de concordance de script, un instrument d'évaluation du raisonnement clinique. *Pédagogie médicale*. 2002 Aug;3(3) :135–144.
- [70] Shaw E, Johnson WL, Ganeshan R. Pedagogical agents on the web. In : *Proceedings of the third annual conference on Autonomous Agents*. ACM; 1999. p. 283–290.
- [71] Deladisma AM, Gupta M, Kotranza A, Bittner IV JG, Imam T, Swinson D, et al. A pilot study to integrate an immersive virtual patient with a breast complaint and breast examination simulator into a surgery clerkship. *The American Journal of Surgery*. 2009;197(1) :102–106.
- [72] Kenny P, Rizzo AA, Parsons TD, Gratch J, Swartout W. A virtual human agent for training novice therapists clinical interviewing skills. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*. 2007;5 :81–89.

- [73] Rizzo A, Parsons TD, Buckwalter JG, Lange B, Kenny PG. A new generation of intelligent virtual patients for clinical training. *American Behavioral Scientist*. 2012 ;.
- [74] Kamin CS, Deterding RD, Wilson B, Armacost M, Breedon T. The development of a collaborative distance learning program to facilitate pediatric problem-based learning. *Medical Education Online*. 1999 ;4.
- [75] Christensen UJ, Heffernan D, Andersen SF, Jensen PF. ResusSim 98 - a PC advanced life support trainer. *Resuscitation*. 1998 Nov ;39(1-2) :81-84.
- [76] Bediang G, Bagayoko CO, Raetzo MA, Geissbuhler A. Relevance and usability of a computerized patient simulator for continuous medical education of isolated care professionals in sub-saharan Africa. *Studies in health technology and informatics*. 2011 ;169 :666.
- [77] Nendaz MR, Ponte B, Gut AM, Perrier A, Louis-Simonet M, Junod AF, et al. Live or computerized simulation of clinical encounters : Do clinicians work up patient cases differently ? *Informatics for Health and Social Care*. 2006 ;31(1) :1-8.
- [78] Loroch VA, Raetzo MA. Virtual Internet Patient Simulation : paving the way from sound pedagogical design to popularity. *Swiss Medical Informatics*. 2005 ;21(56) :26-29.
- [79] Serre P. Mise en place d'un module d'apprentissage de la consultation en gynécologie-obstétrique sur un campus virtuel [Thèse d'exercice]. Université Claude Bernard. Lyon, France ; 2003.
- [80] Zary N, Fors UG. WASP - a generic web-based, interactive, patient simulation system. *Studies in health technology and informatics*. 2003 ;95 :756-761. PMID : 14664079.

Annexes

Annexe A

Ressources pédagogiques

Liste des ressources pédagogiques (patients virtuels, simulateurs, banques de cas, sites de formation...) que j'ai répertoriées pour cette étude. *En ligne* signifie qu'elles sont accessibles via un navigateur web.

3DiTeams™ Serious game multijoueur en 3D.

<http://virtualheroes.com/projects/3diteams>

4h30 chrono™ Patient virtuel en ligne grand public quasi linéaire sur la reconnaissance des signes d'Accident Vasculaire Cérébral (AVC).

<http://www.avcvitele15.com/game/serious-game/>

Actualités Claude Bernard™ Site de formation en ligne de l'Université Lyon 1 pour les médecins généralistes.

<http://acb.univ-lyon1.fr/>

A Case of Hematemesis Un patient virtuel en ligne de type consultation de l'université d'Alberta.

<https://sites.google.com/a/uAlberta.ca/uofavirtualpatient/>

ACLS Simulator™ Patient virtuel de type déchocage en ligne sur l'arrêt cardiaque.

<http://anesoft.com/>

Adele™ (Agent for Distance Learning Environments) Agent pédagogique animé en ligne utilisé pour fournir une assistance dans l'utilisations de différents patients virtuels [70].

<http://www.isi.edu/~shaw/ade.html>

Alphadiag™ Patient virtuel francophone en ligne de type consultation dont le développement est décrit dans cette thèse.

<http://alphadiag.com/>

At risk in Emergency Department (ED)™ Patient virtuel en ligne de type consultation sur la détection des patients présentant des troubles psychologiques aux urgences.

<http://www.kognito.com/products/er/>

At risk in primary care™ Patient virtuel en ligne de type consultation sur la prise en charge de patients présentant des troubles psychologiques en soin primaire.

<http://www.kognito.com/products/pcp/>

AlgoSim™ Logiciel pour Mac sur les algorithmes décisionnels en cas d'intubation difficile.

<http://anestit.unipa.it/software/algosim/>

Anesthesia Simulator™ Patient virtuel de type déchocage en ligne sur les accidents d'anesthésie. Il a été évalué lors d'un enseignement, le cas étant projeté par vidéo projecteur, comparé à un enseignement magistral par transparents lors de la formation initiale d'infirmiers anesthésistes [49]

<http://anesoft.com/>

Campus™ Moteur de patient virtuel linéaire en ligne développé par la faculté de médecine de Heidelberg.

<http://www.medizinische-fakultaet-hd.uni-heidelberg.de/CAMPUS-Software.109992.0.html>

Campus Numérique de Santé Publique Site de formation ouverte et à distance de l'ISPED, université de Bordeaux.

<http://ead.isped.u-bordeaux2.fr/>

Casus™ Moteur de patient virtuel linéaire en ligne.

<http://evip.casus.net/>

CHEC-CESC virtual patient gallery collection Banque de cas principalement ramifiés en ligne sur des sujets divers.

<https://chec-cesc.afmc.ca/fr/collection/virtual-patient-gallery>

Clinical cases Banque de cas cliniques en ligne.

<http://clinicalcases.org/>

Clinispace™ Serious game en ligne en 3D.

<http://www.clinispace.com/>

Cloud in the sky Film parlant de 1939, durant 19 minutes, réalisé par Edgar Ulmer pour informer le public des méfaits de la tuberculose et de ses possibilités thérapeutiques.

https://archive.org/details/cloud_in_the_sky_1939

Code orange™ Serious game multijoueur en 3D sur la prise en charge en urgence des victimes de catastrophes.

<http://www.breakawaygames.com/serious-games/solutions/homeland/>

Critical Care Simulator™ Patient virtuel de type déchocage sur la réanimation.

<http://anesoft.com/>

DecisionSim™ Moteur de patient virtuel ramifié en ligne.

<http://decisionsimulation.com/>

Dermatology tutor™ Patient virtuel linéaire en ligne sur la dermatologie.

https://research.bidmc.harvard.edu/VPTutorials/DERM_dswmedia/main.htm

DiagnosisX™ Moteur de patient virtuel en ligne.

<http://community.cases.mmi.mcgill.ca/>

Diagnostic en urgence™ Patient virtuel francophone de type consultation.

<http://cccp.fr/game/diagnostic-en-urgences/>

Diagnostic procedures in tuberculosis Film parlant de 1940, durant 13 minutes, réalisé par Edgar Ulmer et décrivant les procédures diagnostiques de la tuberculose.

https://archive.org/details/diagnostic_procedures_in_tuberculosis_1940

Diana™ (digital animated avatar) Patient virtuel animé interrogeable par oral, notamment utilisé en conjonction avec un simulateur procédural pour l'examen des seins [71].

<https://www.cise.ufl.edu/research/vegroupp/vp/>

DIU d'étude approfondie des polyarthrites et maladies systémiques

DIU francophone en ligne en rhumatologie.

<http://www.diu-malsys.org/>

Dynamic Patient Simulation Patient virtuel de type déchocage néerlandais.

<https://www.lumc.nl/con/5020/>

EBMCalc.ca Patient virtuel linéaire en ligne sur le diabète.

<http://www.ebmcalc.ca/>

eVIP (electronic Virtual Patient) Collaboration entre neuf universités (St Georges University, Londres et The University of Warwick, Coventry au Royaume-Uni, Karolinska Institutet, Stockholm en Suède, Universität Heidelberg, Ludwig Maximilians Universität et Universität Witten/Herdecke en Allemagne, Universiteit Maastricht aux Pays-bas, Uniwersytet Jagiellonski en Pologne et Universitas Iuliu Hatieganu Cluj-Napoca en Roumanie) et *MedBiquitous*^{TP} Europe, cofinancée par la commission européenne, ayant pour but de créer une banque de patients virtuels partagés sous license Creative Commons. Ils fournissent notamment une boîte à outil d'évaluation des patients virtuels.

<http://www.virtualpatients.eu/>

FlorenceTM Serious game en 3D pour la formation des infirmiers.

<http://www.sante-training.com/>

GeriaSimsTM Patient virtuel linéaire en ligne sur la gériatrie.

<http://www.healthcare.uiowa.edu/igec/resources-educators-professionals/geriasims/acadMenu.asp>

GSG Patient virtuel en cours de développement par les éditions Lavoisier. Consacré aux urgences.**Inmedea simulatorTM** Patient virtuel en ligne francophone (entre autre) de type consultation sur des sujets variés.

<http://www.inmedea-simulator.net/>

Interactive simulated patient Patient virtuel de type consultation de l'université de Standford.

<http://scil.stanford.edu/research/projects/patient.html>

Interactive Trauma Trainer™ Serious game en 3D sur l'urgence.

<http://www.trusim.com/>

IVIMEDS (International Virtual Medical School) Collaboration universitaire internationale pour la formation médicale. Développe un moteur de patient virtuel en ligne.

<http://ivimeds.org/>

Justin and Justina Patients virtuels animés destinés au travail de la consultation en psychiatrie. Les requêtes s'effectuent par oral avec reconnaissance vocale. Justin, est un adolescent de 16 ans ayant des troubles du comportement. Justina est une jeune femme ayant un syndrome de stress post traumatique [72][73]

Keele University's virtual patient Patient virtuel de type consultation avec reconnaissance vocale de la faculté de pharmacie de l'université de Keele, Staffordshire, Royaume-Uni.

<http://www.keele.ac.uk/pharmacy/vp/>

Le patient interactif Patient virtuel en ligne francophone de type consultation avec rendu sous forme de vidéos.

<http://www.gema-fm.fr/fr/28-le-patient-interactif-le-simulateur-de-consultation.php>

LIVE (Learning through Interactive Video Education) est un patient virtuel basé sur des cas filmés [74].

Mad Scientist Software Patients virtuels de type déchocage pour Windows sur l'urgence (Cardiac Arrest!™, Trauma One!™, Chest Pain Simulator™, Code Team!™).

<http://madsci.com/>

Malawi virtual patients Banque de cas ramifiés en ligne principalement orientés vers les urgences.

<http://malawi.mvm.ed.ac.uk/labyrinth/malawi/>

MD Advisor™ Patient virtuel en 3D orienté vers la conduite d'une consultation.

<http://www.emco3.com/produits/serious-game/creations/mdadvisor>

MedBiquitous virtual patient standard Le consortium MedBiquitous développe et promeut des standards technologiques pour la formation des professions de santé, dont un standard pour les patients virtuels.

http://www.medbiq.org/std_specs/standards/index.html

MedEdCases Patient virtuel linéaire de l'université St George's de Londres, disponible sur iPhone et Android.

<http://site.mededcases.com>

Medical clinical simulator Patient virtuel de type consultation.

<http://www.medicalsimulator.net/>

Medical Team-based Training™ Serious game multijoueur en 3D.

<http://virtualheroes.com/projects/medical-team-based-training>

MedSims™ Patients virtuels en ligne de type consultation à base de vidéos, sur des sujets variés. <http://www.medsims.com/>

<http://www.therasim.com/free-cme-resource-for-physicians/>

MedU's virtual patients Patients virtuels de démonstration du site de formation médicale MedU, utilisant la plateforme CASUS.

<http://www.med-u.org/demos>

Medusims™ Serious game francophone en 3D en cours de développement par le laboratoire iLUMENS, de l'Université Paris Descartes. Une version grand public est déjà disponible avec Staying alive.

<http://ilumens.fr/non-classe/504/medusims/>

MicroSim™ Simulateur en 3D dédié à l'urgence, traduit en français, utilisé depuis 2004 par la faculté Lyon-est pour la formation initiale. Le logiciel n'est plus disponible actuellement.

<http://www.laerdal.com/fr/docid/12984905/MicroSim>

Neonatal Simulator™ Patient virtuel de type déchocage sur la réanimation du nouveau-né.

<http://anesoft.com/>

Obstetrics Simulator™ Patient virtuel de type déchocage sur les urgences vitales en obstétrique.

<http://anesoft.com/>

OpenLabyrinth Moteur de patient virtuel de type cartes ramifié en ligne et open source.

<http://openlabyrinth.ca/>

PALS Simulator™ Patient virtuel de type déchocage en ligne sur l'arrêt cardiaque en pédiatrie.

<http://anesoft.com/>

Patient GeneSys™ Projet de patient virtuel francophone.

<http://www.interaction-healthcare.com/>

Patient Rescue™ Patient virtuel de type déchocage avec représentation animée et réaliste du patient en fonction de ses paramètres physiologiques.

<http://www.trusim.com/>

Pediatrics Simulator™ Patient virtuel de type déchocage en ligne sur les urgences vitales en pédiatrie.

<http://anesoft.com/>

PedsCases Banque de patients virtuels linéaires en ligne en pédiatrie.

<http://pedscases.com/>

PharmaVP™ Patient virtuel portugais pour les étudiants en pharmacie [50].

Physio™ Patient virtuel suisse pour la formation des kinésithérapeutes (physiothérapeutes).

http://www.canal-u.tv/video/canal_u_medecine/formatic_paris_2013_simulateur_en_raisonnement_clinique_de_la_physiotherapie_vers_les_autres_professions_du_domaine_sante.11937

PIVOTE (PREVIEW Immersive Virtual Training Environment) Outil auteur open-source de contenu éducatif pour les mondes virtuels. Il a été développé au sein du projet *PREVIEW*^{TP}, où il a été utilisé pour créer du contenu de formation pour les secouristes.

<https://code.google.com/p/pivote/>

Play2Train™ Projet de patient virtuel multijoueur dans un environnement 3D.

<http://play2train.us/wordpress/>

PREVIEW (Problem-Based Learning in Virtual Interactive Education Worlds)

Projet du Joint Information Systems Committee (JISC) visant à offrir des solutions d'apprentissage par problème pour les étudiants via l'environnement virtuel Second Life.

<http://www.elu.sgul.ac.uk/projects/virtual-worlds/preview/>

Pre-Hospital Care/EMS Simulator Patients virtuels en ligne ramifiés portant sur des situations d'urgence.

<http://www.lessstress.com/simulator/sim.htm>

Pulse!!™ Serious game en 3D destiné au traitement des victimes de catastrophes (combat, bioterrorisme) développé par Breakaway en partenariat avec Texas A & M University et financé par l'armée américaine.

<http://breakawayltd.com/serious-games/solutions/healthcare/>

ResusSim 98™ Patient virtuel de type déchocage de réanimation [75]. Des versions plus élaborées ont été développées : ResusSim Inhospital™ et ResusSim Prehospital™.

<http://www.interniche.org/et/node/243>

Save-a-life Simulator™ Serious game vidéo en ligne pour le grand public sur l'arrêt cardiaque.

<http://www.heartrescuenow.com/>

Second Life™ Environnement virtuel multijoueur en ligne en 3D.

<http://secondlife.com/>

Sedation Simulator™ Patient virtuel de type déchocage en ligne sur l'anesthésie.

<http://anesoft.com/>

SIDES™ (Système Informatique Distribué d'Évaluation en Santé) Plateforme de cas cliniques progressifs pour l'Examen Classant National informatisé (ECNi).

<http://www.side-sante.org/>

Staying alive™ Serious game linéaire francophone en ligne en 3D destiné au grand public pour l'apprentissage des premiers gestes à réaliser face à un arrêt cardiaque. Développé par le laboratoire en iLUMENS, de l'Université Paris Descartes, qui développe une version pour les professionnels :

Medusims.

www.stayingalive.fr

Sudden Death Trauma Scenarios Patients virtuels en ligne linéaires d'urgence vitale. Il faut toujours prendre la bonne décision pour sauver le patient.

<http://www.sswahs.nsw.gov.au/liverpool/trauma/sudden.html>

Symptom Scenes™ Serious game grand public sur la reconnaissance des symptômes de sepsis et de méningite, disponible sur iPhone.

<https://itunes.apple.com/gb/app/symptom-scenes/id528987761>

The ABC's of DKA Patient virtuel de type déchocage en ligne sur la prise en charge de l'acidocétose (diabetic ketoacidosis (DKA)).

<http://dka09.utorontoeit.com/>

Trauma Moulages Patients virtuels en ligne de médecine d'urgence de type carte ramifié.

<http://www.trauma.org/index.php/main/moulages/>

Trauma scenarios Patients virtuels en ligne néozélandais en médecine d'urgence, de type carte ramifié.

<http://www.adhb.govt.nz/trauma/scenarios.htm>

Triage Trainer™ Serious game en 3D de tri des blessés suite à une catastrophe développé.

<http://www.trusim.com/>

TUSK case player (Tufts University Sciences Knowledgebase) Moteur de patient virtuel du système de formation en ligne de l'Université Tufts.

<http://tusk.tufts.edu/about/caseplayer>

UNF3S (Université Numérique Francophone des Sciences de la Santé et du Sport) Ressources d'enseignement francophones en ligne libres et gratuites comprenant l'UMVF et les universités numériques d'odontologie, pharmacie et sport et santé.

<http://www.unf3s.org/>

University of Southern California's virtual patient Patient virtuel animé de type consultation.

<http://ict.usc.edu/prototypes/virtual-patient/>

VIPS™ (Virtual Internet Patient Simulator) Simulateur de type consultation, en ligne, francophone en 2D statique, à navigation libre avec requêtes en texte libre pour l'interrogatoire, actions graphiques pour l'examen clinique et listes pour les examens complémentaires et les diagnostics. Créé en Suisse par le Dr Raetzo, il a été l'objet de plusieurs publications [76][77][78], dont une thèse à l'Université Lyon 1 [79].

<http://www.swissvips.ch>

Virtual CPR Patient virtuel linéaire en ligne comprenant une vidéo d'introduction, une série de question, et une vidéo de cloture sur l'arrêt cardiaque.

<http://www.virtualcpr.com/cases.htm>

Virtual Interactive Case system Moteur de patient virtuel canadien en ligne de type consultation.

<http://pie.med.utoronto.ca/VIC/index.htm>

Virtual surgery Banque de patients virtuels de type carte ramifié en ligne sur la médecine générale de l'Université Saint George's de Londres. La banque de cas comprend également un cas utilisant OpenLabyrinth, un cas utilisant vpSim et un cas de pédiatrie.

<http://www.elu.sgul.ac.uk/virtualpatients/examples.htm>

Virtual Training for Psychosis™ Serious game en 3D de l'université St George's de Londres sur la visite à domicile en psychiatrie.

<http://www.elu.sgul.ac.uk/projects/virtual-worlds/virtual-training-psychosis/>

vpSim™ Moteur de patient virtuel ramifié en ligne de l'université de Pittsburgh.

<http://vpsim.pitt.edu/>

WASP™ (Web-Activated Simulation of Patients) Moteur de patient virtuel précurseur du moteur Web-SP du Karolinska Institutet [80].

Web-SP™ (Web-based Simulation of Patients) Moteur de patient virtuel en ligne de type consultation du Karolinska Institutet, Stockholm, Suède [53].

<http://webasp.lime.ki.se>

Zentrum für virtuelle Patienten Exemples de patients virtuels de la faculté de médecine de Heidelberg, utilisant leur plateforme CAMPUS.

<http://www.medizinische-fakultaet-hd.uni-heidelberg.de/Case-examples.109993.0.html>

Zero Hour : America's Medic™ Serious game en 3D pour la formation des intervenants en situation de catastrophe.

<http://virtualheroes.com/projects/zero-hour-americas-medice>

Annexe B

Évolution de l'interface



FIGURE B.1 – Premier essai de représentation graphique du simulateur Al-phadiag en 2010. On voit déjà la recherche en langage naturel et la navigation libre.

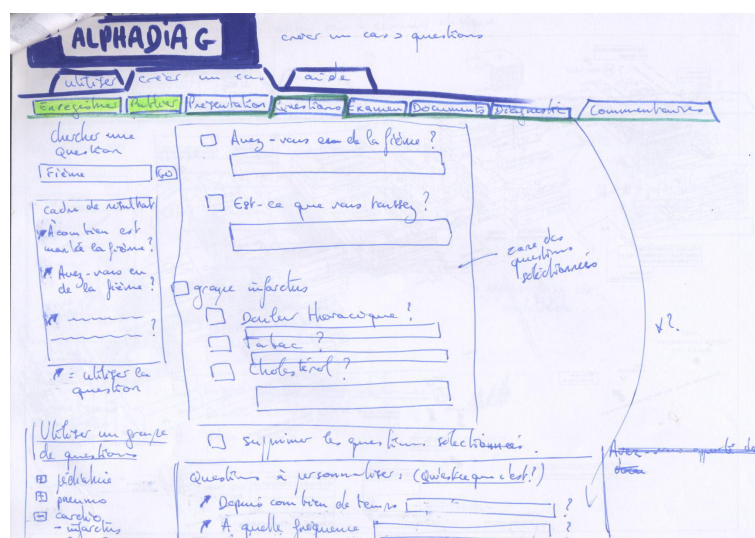


FIGURE B.2 – Maquette *fil de fer* de 2011 sur l'étape interrogatoire de l'outil auteur. On voit que l'auteur devait d'abord sélectionner les questions pertinentes pour son cas, avant de les personnaliser. Cet aspect a été largement simplifié, puisque l'auteur a maintenant accès à toutes les questions. Les questions à personnaliser ont également été abandonnées, nous créons autant de questions différentes que nécessaire. On voit qu'un onglet était dédié aux documents, qui devaient être affichés à part dans le simulateur, alors qu'ils sont maintenant rattachés aux questions comme n'importe quel média.

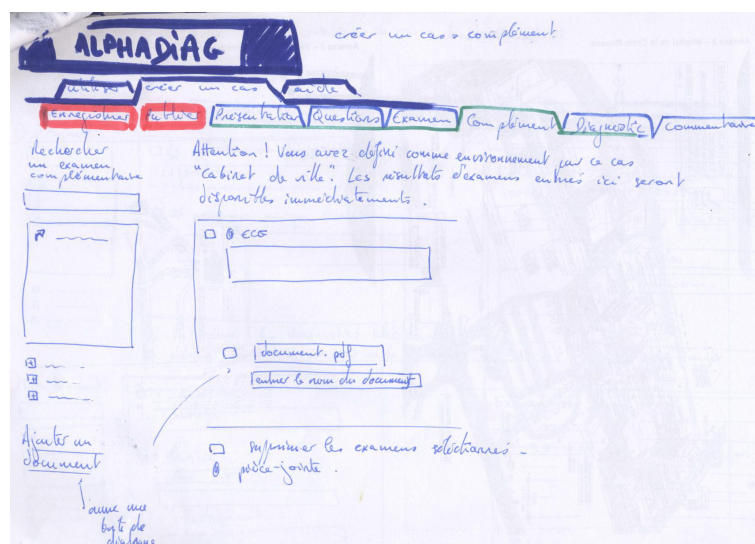


FIGURE B.3 – Maquette *fil de fer* de 2011 sur l'étape actes de l'outil auteur. Le fonctionnement par environnement de consultation est déjà esquissé ici.

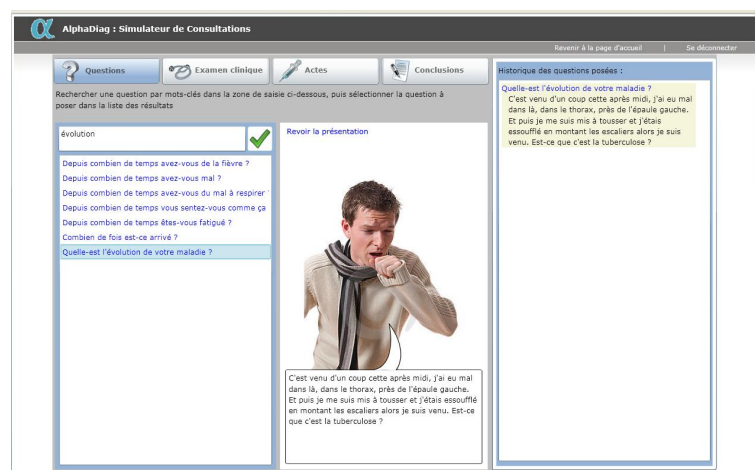


FIGURE B.4 – Première version fonctionnelle du prototype de simulateur été 2011.

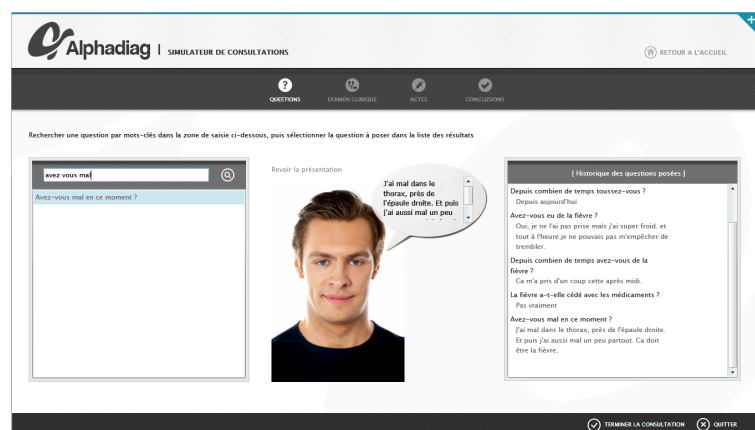


FIGURE B.5 – Apparence du simulateur à partir de mars 2013.

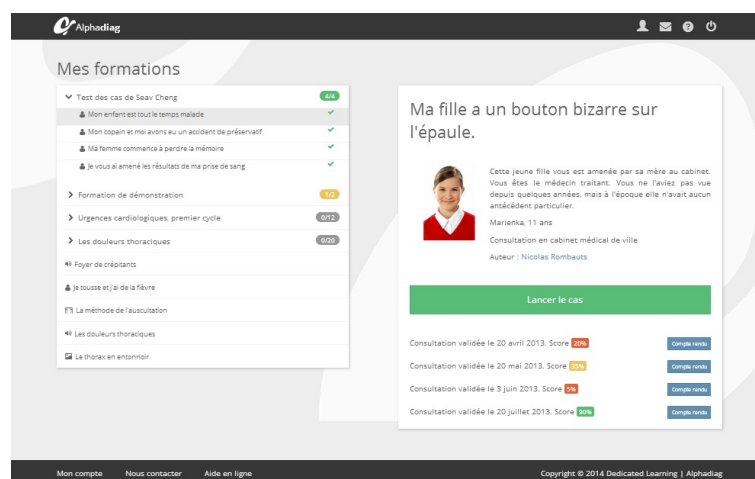


FIGURE B.6 – La page *mes formations* dans la nouvelle version en HTML en cours de préparation.

Annexe C

Exemple d'un cas

Voici un exemple de cas présent dans le logiciel, suivi d'un exemple de compte rendu. Seuls les items particulièrement intéressants pour ce cas ont été conservés. Dans le simulateur, l'apprenant a accès à bien plus de possibilités. On remarquera que très peu d'items sont notés *utiles*. Les commentaires permettent de préciser qu'un item est intéressant même si il n'a pas été noté utile afin de ne pas rendre le cas trop difficile.

Dans le compte rendu, pour l'analyse détaillée des actions, seule la partie interrogatoire a été reproduite.

Présentation

Patient : *Brian, 31 ans.*

Public concerné : *deuxième cycle*

Environnement de consultation : *Service d'urgences*

Durée : *20 minutes*

Ce patient se présente pour le motif suivant :

Je tousse et j'ai de la fièvre.



Le contexte est le suivant :

Vous êtes jeune interne, c'est votre première garde aux urgences, vous n'en menez pas large... Vous avez l'impression d'avoir vu plus de patients en une demi-journée que pendant tout le reste de vos

études. Heureusement, une pause se profile, après que vous aurez vu ce jeune homme qui vient spontanément aux urgences, il prétend que son généraliste n'était pas disponible ! Si il a une bronchite, vous devez vous dépêcher de le renvoyer chez lui et aller boire votre café avant que la salle d'attente ne se remplisse à nouveau !

Les objectifs pédagogiques sont les suivants (cette rubrique n'est pas visible par l'apprenant) :

Pneumonie franche lobaire aigüe supérieure droite, de début brutal dans la journée, avec critères de gravité.

Objectifs pédagogiques : explorer une infection respiratoire haute aux urgences, reconnaître et gérer la gravité.

Cas clinique

Question	Réponse	Notation	Correction
Avez-vous des problèmes de santé, des antécédents médicaux ?	Pas que je sache. Jusqu'ici j'allais très bien.	Utile	Systématique
Avez-vous des antécédents familiaux particuliers ?	Ma mère a eu une embolie pulmonaire, et des problèmes cardiaques. Mon père est mort d'un cancer du colon à 75 ans.	Neutre	Systématique
Avez-vous déjà été opéré ?	L'appendicite dans l'enfance.	Neutre	Systématique
Y a-t-il des problèmes cardiaques dans votre famille ?	Ma mère a eu une embolie pulmonaire, et des problèmes cardiaques.	Neutre	Devant la mauvaise tolérance hémodynamique et respiratoire, il peut être intéressant de chercher des arguments en faveur d'une affection cardiaque sous-jacente méconnue (peu probable chez cet homme jeune sportif).
Depuis quand avez-vous mal dans la poitrine ?	Depuis cette après-midi.	Neutre	Devant des symptômes thoraciques (ici dyspnée, toux), toujours rechercher une douleur thoracique pouvant orienter le diagnostic.

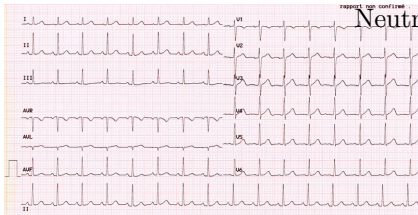
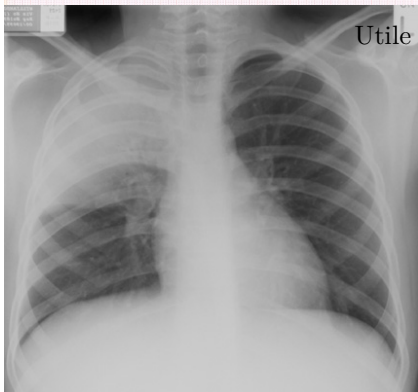
Question	Réponse	Notation	Correction
Avez-vous les jambes qui enflent ?	Non	Neutre	Recherche d'une insuffisance cardiaque droite préexistante (peu probable chez cet homme jeune sportif).
Avez-vous déjà eu des douleurs dans la poitrine ?	Non, pas vraiment. Juste aujourd'hui.	Neutre	Devant la mauvaise tolérance hémodynamique et respiratoire, il peut être intéressant de chercher des arguments en faveur d'une affection cardiaque sous-jacente méconnue (peu probable chez cet homme jeune sportif).
Avez-vous mal dans la poitrine en ce moment ?	Oui, ici, en haut à droite.	Neutre	Devant des symptômes thoraciques (ici dyspnée, toux), toujours rechercher une douleur thoracique pouvant orienter le diagnostic.
Dans quelle position dormez-vous ?	Allongé, avec un petit oreiller.	Neutre	Recherche d'une insuffisance cardiaque gauche préexistante (peu probable chez cet homme jeune sportif).
Comment ça va ?	Pas très bien	Neutre	
Avez-vous mal quelque part en ce moment ?	J'ai mal dans le thorax, près de l'épaule droite. Et puis j'ai aussi mal un peu partout. Ça doit être la fièvre.	Neutre	
Depuis quand avez-vous mal ?	Depuis cette après-midi.	Neutre	
Est-ce que votre douleur reste au même endroit ?	Oui	Neutre	
Quelle est l'intensité de votre douleur, entre 0 et 10 ?	4	Neutre	
Décrivez votre douleur.	Je ne sais pas comment dire, ça fait mal.	Neutre	
Où avez-vous mal ?	Dans la poitrine, en haut à droite.	Neutre	
Qu'est-ce qui aggrave votre douleur ?	Je ne sais pas.	Neutre	
Qu'est-ce qui soulage votre douleur ?	Je ne sais pas.	Neutre	
Avez-vous soif en ce moment ?	Non	Neutre	

Question	Réponse	Notation	Correction
Pouvez-vous préciser ce qui vous amène exactement ?	Je vous l'ai dit : je tousse et j'ai de la fièvre.	Neutre	
Depuis combien de temps êtes-vous malade ?	Depuis cette après midi.	Neutre	L'apparition brutale et l'évolution rapide sont des arguments étiologiques très importants.
Avez-vous des sueurs ?	Oui	Neutre	
Avez-vous été en contact avec des animaux ?	Non	Neutre	
Avez-vous voyagé récemment ?	Non	Utile	Systématique en cas de syndrome infectieux, pour éliminer les maladies tropicales, paludisme en premier lieu.
Avez-vous eu des frissons ?	Je crois, tout à l'heure je ne pouvais pas m'empêcher de trembler et j'avais froid alors que je m'étais bien couvert.	Neutre	
Avez-vous eu la tuberculose ?	Non, heureusement. Enfin, j'espère.	Neutre	
Avez-vous eu de la fièvre ?	Oui, je ne l'ai pas prise mais j'ai super froid. et tout à l'heure je ne pouvais pas m'empêcher de trembler.	Utile	Systématique en cas de dyspnée.
Depuis combien de temps avez-vous de la fièvre ?	Ça m'a pris d'un coup cette après midi.	Neutre	
Avez-vous déjà réalisé des sérologies (VIH, hépatites, syphilis) ?	Oui il y a longtemps. Tout était normal.	Neutre	
Prenez-vous des médicaments en ce moment ?	J'ai pris un paracétamol 1000 avant de venir. Sinon, je prend du Xanax pour dormir, mais pas toujours. Et puis pour la tension, bien sûr, mais je ne me rappelle pas trop des noms. Mais j'ai mon ordonnance, si vous voulez.	Utile	Systématique
Avez-vous des allergies ?	Oui, au pollen	Utile	Si on ne l'a pas demandé au début, bien y penser avant la prescription du traitement.
Que faites-vous comme métier ?	Je suis chez Trigano, à l'entretien.	Neutre	Systématique
Pratiquez-vous une activité physique ?	Je fais de l'ultimate freesbee le dimanche.	Neutre	

Question	Réponse	Notation	Correction
Avez-vous des boutons ou une autre lésion cutanée ?	Non	Neutre	Peut orienter le diagnostic
Êtes-vous essoufflé à l'effort ?	Depuis cette après midi oui mais d'habitude ça va.	Neutre	Recherche d'une insuffisance cardiaque gauche préexistante (peu probable chez cet homme jeune sportif).
Est-ce que vous toussiez ?	Oui, beaucoup.	Utile	
Est-ce que vous crachez ?	Oui, c'est blanc-jaune, épais.	Neutre	
Avez-vous du mal à respirer en ce moment ?	C'est surtout la douleur qui me gêne. Et puis rien que de sortir de la voiture et j'étais un peu essoufflé.	Neutre	
Depuis combien de temps avez-vous du mal à respirer ?	Ça m'a pris d'un coup cette après midi, avant je me sentais très bien.	Neutre	
Est-ce que le fait de respirer vous fait mal ?	Oui	Neutre	
Avez-vous craché du sang ?	Non	Neutre	
Depuis combien de temps toussiez-vous ?	Depuis aujourd'hui	Neutre	
Avez-vous déjà eu du mal à respirer ?	Seulement aujourd'hui	Neutre	
Faites-vous des crises d'asthme ?	Non	Neutre	
Faites-vous des bronchites ?	Non	Neutre	
Depuis quand fumez-vous ?	Depuis que j'ai 18 ans, environ.	Neutre	
Fumez-vous ?	oui, environ un demi-paquet par jour.	Neutre	
Combien de cigarette fumez-vous par jour ?	une dizaine	Neutre	
Examen	Résultat	Notation	Correction
Température	39,2 ° C	Neutre	
Fréquence cardiaque	144	Utile	
Pression artérielle	105/53	Indispensable	
Fréquence respiratoire	35	Utile	
Saturation pulsée	92%	Utile	
Temps de recoloration cutanée	3 secondes	Neutre	
Aires ganglionnaires	Libres	Neutre	
Poids	76 kg	Neutre	
Taille	1 m 80	Neutre	
Marbrures	Non	Neutre	
Lésion cutanée	Non	Neutre	

Examen	Résultat	Notation	Correction
Palpation abdominale	Normale	Neutre	
Auscultation cardiaque		Utile	
Auscultation pulmonaire		Utile	
Freinage expiratoire	Non	Neutre	
Toux	Oui, productive	Neutre	
Crachats	Purulents	Neutre	
Signes de lutte respiratoires	Non	Utile	
Matité thoracique	oui, apex droit	Neutre	
Tympanisme thoracique	Non	Neutre	
Examen de la bouche		Neutre	

Acte	Résultat	Notation	Correction
Glycémie capillaire	5,5 mmol/L	Neutre	
TCA	1,1 x le témoin	Neutre	
Vitesse de sédimentation	12 s	Neutre	
Troponine (dosage sanguin)	0,04 µg/L	Neutre	potentiellement utile
Bilan hépatique (ASAT, ALAT, gammaGT, PAL, bili L+C)	ASAT 10 UI/L, ALAT 13 UI/L, gammaGT 32, PAL 98, bilirubine libre 6, conjuguée 2	Neutre	Utile
Bilan lipidique (cholestérol total, HDL, LDL, triglycérides)	Sérum limpide, Cholestérol total 2,58 g/l, Cholestérol HDL 0,54 g/l, Cholestérol LDL calculé 1,86 g/l, Rapport chol. total/ HDL 4,8, Triglycérides 0,88 g/l	Neutre	
Créatininémie et urée	Créatinine 90 µmol/L, urée 9 mmol/L	Neutre	Utile
CRP (C Reactive Protein)	150 mg/L	Neutre	Utile
Gaz du sang (pH, PaO ₂ , PaCO ₂ , HCO ₃ ⁻ , SaO ₂)	pH : 7.38, PaCO ₂ : 31 mm Hg, HCO ₃ : 20 mEq/l, PaO ₂ : 62 mm Hg	Neutre	Utile
Glycémie veineuse	5,5 mmol/L	Neutre	

Acte	Résultat	Notation	Correction
Ionogramme sanguin (Na + K + Cl + CO ₂ + Protides)	Na 135 mmol/L, K 4,2 mmol/L, Cl 101 mmol/L, Protides 70 g/L	Neutre	Utile
Créatine phosphokinase (dosage sanguin)	50 UI/L	Neutre	
Lactates (dosage sanguin)	1,2 mmol/L	Neutre	
NFS	Globules blancs 17,42.10 ⁹ /L, Globules rouges 4,65.10 ¹² /L, Hémoglobine 134 g/L, Hématocrite 40,0 %, VGM 87,2 fl, TGMH 28,5 pg, CCMH 347 g/L, CVGR 12,0 %, Plaquettes 288.10 ⁹ /L, VPM 8,6 fl, Polynucléaires Neutrophiles 15,31.10 ⁹ /L (87,8 %), Lymphocytes 1,44.10 ⁹ /L (12,6 %), Monocytes 0,57.10 ⁹ /L (5,0 %), Polynucléaires Éosinophiles 0,08.10 ⁹ /L (0,7 %), Polynucléaires Basophiles 0,02.10 ⁹ /L (0,2 %)	Neutre	Syndrome inflammatoire
Antigénurie pneumocoque	Positive	Neutre	
Antigénurie légionnelle	Négative	Neutre	
Électrocardiogramme		Neutre	
Radio thorax de face		Utile	
Paracétamol	Diminution de la douleur et de la fièvre.	Neutre	Oui, il a mal et il a de la fièvre.

Diagnostic

Streptococcus pneumoniae
 Communautaire
 Pneumopathie bactérienne
 Bronchite
 Asthme

Notation Correction

Utile
 Neutre oui
 Indispensable
 Excluant
 Excluant

Prescription

Revoir le médecin traitant

Retour à domicile

Hospitalisation en cours séjour

Hospitalisation différée

Hospitalisation en réanimation

Notation Correction

Neutre non, il présente des critères de gravité (dyspnée de repos, tachypnée)
 Neutre non, il présente des critères de gravité (dyspnée de repos, tachypnée)
 Utile oui, devant les critères de gravité (dyspnée de repos, tachypnée)
 Neutre non, il présente des critères de gravité (dyspnée de repos, tachypnée)
 Neutre non, pas de détresse vitale

Compte rendu

Scores

Total : 88 %

Efficacité : 94 %

Efficience : 90 %

Commentaire de l'auteur

Pneumonie franche lobaire aigüe supérieure droite communautaire, chez un jeune homme en bonne santé par ailleurs.

Attention aux signes de gravité.

Interrogatoire : terrain (antécédents, traitements, allergies, tabac). Ici rien de particulier.

Examen : détresse respiratoire, sepsis. Ici tachycardie, polypnée, désaturation sont des signes de gravité à ne pas oublier.

Actes : Radio de thorax, penser à la surveillance !

Diagnostic : bien préciser : communautaire et pneumocoque

Prescriptions : hospitalisation (signes de gravité)

Conclusion : penser à chercher les signes de gravité !

Voir les recommandations sur le traitement des infections respiratoires basses que vous pouvez trouver sur le site de la fédération française d'infectiologie <http://infectiologie.org/>.

Analyse des actions

QUESTIONS 83 %	EXAMEN 100 %	ACTES 50 %	DIAGNOSTIC 100 %	PRESCRIPTIONS 100 %
QUESTIONS UTILES POSEES				
Question	Réponse	Notation	Commentaire	
Prenez-vous des médicaments en ce moment ?	J'ai pris un paracétamol 1000 avant de venir. Sinon, je prend du Xanax pour dormir, mais pas toujours. Et puis pour la tension, bien sûr, mais je ne me rappelle pas trop des noms. Mais j'ai mon ordonnance, si vous voulez.	Utile		
Avez-vous des allergies ?	Oui, au pollen	Utile	Si on ne l'a pas demandé au début, bien y penser avant la prescription du traitement.	
Avez-vous des problèmes de santé, des antécédents médicaux ?	Pas que je sache. Jusqu'ici j'allais très bien.	Utile		
Avez-vous eu de la fièvre ?	Oui, je ne l'ai pas prise mais j'ai super froid. et tout à l'heure je ne pouvais pas m'empêcher de trembler.	Utile		
Est-ce que vous toussiez ?	Oui, beaucoup.	Utile		
QUESTIONS UTILES NON POSEES				
Question	Réponse	Notation	Commentaire	
Avez-vous voyagé récemment ?	Non	Utile		

Historique

Étape	Libellé	Notation
Question	Avez-vous des problèmes de santé, des antécédents médicaux ?	Utile
Question	Fumez-vous ?	Neutre
Question	Est-ce que vous crachez ?	Neutre
Question	Depuis combien de temps avez-vous du mal à respirer ?	Neutre
Question	Faites-vous des crises d'asthme ?	Neutre

Étape	Libellé	Notation
Question	Avez-vous eu de la fièvre ?	Utile
Question	Avez-vous des allergies ?	Utile
Question	Prenez-vous des médicaments en ce moment ?	Utile
Question	Est-ce que vous toussiez ?	Utile
Examen	Température	Neutre
Examen	Fréquence cardiaque	Utile
Examen	Pression artérielle	Indispensable
Examen	Fréquence respiratoire	Utile
Examen	Saturation pulsée	Utile
Examen	Marbrures	Neutre
Examen	Palpation abdominale	Neutre
Examen	Auscultation cardiaque	Utile
Examen	Auscultation pulmonaire	Utile
Examen	Crachats	Neutre
Examen	Signes de lutte respiratoires	Utile
Examen	Matité thoracique	Neutre
Acte	Radio thorax de face	Utile
Diagnostic	Pneumopathie bactérienne	Indispensable
Diagnostic	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Utile
Diagnostic	Communautaire	Neutre
Prescription	Hospitalisation en cours séjour	Utile

ROMBAUTS Nicolas - Patients virtuels : pédagogie, état de l'art et développement du simulateur Alphadiag. (*Virtual patients : pedagogy, latest developments and construction of Alphadiag simulator*)

128 p., 14 ill., 2 tabl., Th. Méd. : Lyon 2014 ; n°

RÉSUMÉ

La formation médicale se tourne vers le paradigme d'apprentissage. Afin de proposer une formation riche, efficace, efficiente et respectueuse du patient, la simulation, le e-learning et les patients virtuels sont de plus en plus utilisés. Les patients virtuels, simulations informatiques interactives de scénarios cliniques, permettent l'apprentissage, la pratique et l'évaluation du raisonnement clinique, de la recherche d'information, de la prise de décision en contexte d'incertitude et même du travail en équipe.

Je réalise un état des lieux des systèmes de patient virtuel existants et décris les principaux types : cas linéaires, ramifiés, exploratoires, déchocage, trois dimensions et multijoueur.

Je décris le développement d'Alphadiag, un patient virtuel francophone en ligne de type exploratoire avec base de cas partagée, requêtes en langage naturel, ainsi qu'un outil auteur en ligne utilisable directement par les enseignants, développé en partenariat avec l'Université Claude Bernard - Lyon 1. Ce simulateur est utilisable pour la formation des médecins et infirmiers tout au long de la vie professionnelle.

MOTS CLÉS

- Enseignement médical
- Simulation par ordinateur – Logiciels
- Réalité virtuelle en éducation
- Logiciels – Développement
- Apprentissage par problèmes

JURY

Président : Monsieur le Professeur Jérôme ÉTIENE

Membres : Monsieur le Professeur Guy LLORCA

Monsieur le Professeur Yves GILLET

Monsieur le Docteur Bernard BUI-XUAN

DATE DE SOUTENANCE

jeudi 22 mai 2014

ADRESSE DE L'AUTEUR

23 avenue de Villeneuve

91440 Bures sur Yvette