



**HAL**  
open science

# Évaluation d'un programme d'enseignement innovant associant film pédagogique et ateliers de simulation pour la formation à l'arrêt cardiaque de l'enfant des étudiants hospitaliers

David Drummond

## ► To cite this version:

David Drummond. Évaluation d'un programme d'enseignement innovant associant film pédagogique et ateliers de simulation pour la formation à l'arrêt cardiaque de l'enfant des étudiants hospitaliers. Médecine humaine et pathologie. 2014. dumas-01190204

**HAL Id: dumas-01190204**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01190204v1>**

Submitted on 1 Sep 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de docteur en médecine. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES  
Faculté de Médecine PARIS DESCARTES

Année 2014

N°192

THÈSE  
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT  
DE  
DOCTEUR EN MÉDECINE

Evaluation d'un programme d'enseignement innovant associant film  
pédagogique et ateliers de simulation pour la formation à l'arrêt  
cardiaque de l'enfant des étudiants hospitaliers

Présentée et soutenue publiquement  
le 24 octobre 2014

Par

**David DRUMMOND**

Né le 14 septembre 1985 à Paris (75)

Dirigée par M. Le Docteur Arnaud Petit, MCU-PH

Jury :

M. Le Professeur Christophe Delacourt, PU-PH ..... Président

M. Le Professeur Alexandre Duguet, PU-PH ..... Membre

Mme Le Docteur Nathalie Suremain, PH ..... Membre



Except where otherwise noted, this work is licensed under  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

## PREAMBULE

---

Elle s'était dit qu'elle arriverait au staff avec une minute de retard, le temps de valider une dernière prescription. Engagée dans le couloir avec deux dossiers sous le bras, elle fonçait droit dans le chenal laissé libre par les chariots de médicaments et les pieds à perfusion, répétant ses prochaines interventions, n'oubliant pas la CRP de l'un, l'amélioration spectaculaire de l'autre. Complètement absorbée, elle ne vit pas la porte de la chambre 112 s'ouvrir brutalement. La force déployée par l'infirmière pour la tirer par la manche lui fit reprendre ses esprits. Elle s'engouffra à sa suite dans la pièce exiguë.

Tout criait l'urgence vitale : Les hurlements de la mère ; L'affolement fébrile de l'aide-soignante passant le brassard à tension ; Le bruit du plastique froissé par l'infirmière cherchant une sonde d'aspiration ; Les bredouillements évanouis derrière les mains jointes du père ; la mélodie insupportable du scope alarmé par la platitude du tracé.

Au centre, sur le matelas noir du brancard, le temps était arrêté.

Tout autour au contraire, il accélérail vertigineusement : c'était l'affolement. Le décompte avait débuté : 180 secondes, c'est ce qu'il restait à l'enfant gris avant l'hypoxie cérébrale.

Sophie n'avait pas choisi pédiatrie pour vivre l'excitation d'une décharge d'adrénaline. Elle avait découvert la spécialité un stage d'été en DCEM3, et l'évidence avait été ratifiée, permise par un classement confortable aux épreuves nationales classantes. Au premier choix des stages, elle avait suivi les conseils d'un aîné et pris ce stage de pédiatrie générale, lointain mais réputé formateur.

La responsabilité qu'impliquait sa nouvelle fonction d'interne, elle se l'était représentée, et soyons francs, cauchemardée: soit seule à la barre au tribunal, les parents réclamant justice pour une douleur abdominale mal diagnostiquée, l'enfant décédé des suites d'une péritonite ; soit convoquée dans le bureau du chef de service pour avoir prescrit dix fois la dose du traitement. Mais à cet instant, dans cette chambre 112, l'imagination avait fait place à la réalité : la responsabilité lui faisait face. Cette responsabilité la fixait droit dans les yeux, à travers le regard de l'infirmière, de l'aide-soignante, du père. Elle vit cette angoisse monter seconde après seconde, converger vers sa personne, chercher son chef, attendre son signal pour se décharger dans l'action. Pour la première fois de sa vie, on lui demandait d'être pédiatre.

La suite reste à écrire... Car c'est bien de la qualité du signal et des actions entreprises par cette interne que vont être déterminées la suite des événements et la « ressuscitation » ou non de cet enfant.

Cette responsabilité qu'elle porte, nous la partageons. Car nous sommes, chacun en tant que pédiatre, responsables de sa formation.

Justement. Des pédiatres motivés ont pris leurs responsabilités et proposé une approche pédagogique novatrice préparant les étudiants hospitaliers aux détresses vitales de l'enfant en associant film pédagogique et ateliers de simulation.

Cette nouvelle approche serait-elle de nature à modifier la suite de l'histoire ?

Nous nous sommes posé la question.

Et nous nous sommes donné les moyens d'y répondre.

## REMERCIEMENTS

---

Au Professeur Christophe Delacourt, qui me fait l'honneur de présider cette thèse. Merci pour votre paternalisme bienveillant tout au long de ces années d'internat. Travailler aux côtés de celui qui est surnommé « le meilleur pneumopédiatre de sa génération » est une chance dont je ne me lasse pas.

Au Professeur Alexandre Duguet, vice-doyen de la faculté de médecine Pierre et Marie Curie, qui me fait l'honneur de participer à ce jury de thèse. Sans votre impulsion pour implanter la simulation dans cette faculté, ce travail n'aurait jamais pu voir le jour.

Au Dr Nathalie de Suremain, qui me fait également l'honneur de participer à ce jury. Merci pour votre confiance. Confiance que vous inspirez aux internes en garde aux urgences de Trousseau, confiance que vous savez accorder aux plus jeunes pour leur offrir une formation de qualité.

Au Dr Arnaud Petit, qui a encadré ce travail. Ton implication pour les autres, qui fait l'économie des campagnes de communication et trouve son efficacité dans l'action a toujours forcé mon admiration. Je l'avais connu auprès des malades et de leurs familles en hématologie. Je l'avais vécu comme ami. Je l'ai découverte sous un autre jour auprès des étudiants pour lesquels tu as instauré ce nouvel enseignement à ton image : passionnant.

A l'équipe des urgences de Trousseau, notamment Cécile Arnaud et Romain Guedj qui ont apporté leur soutien à la réalisation de ce projet. Merci à Marie-Christine Renaud, pour son aide précieuse dans l'organisation des évaluations, ses réponses précises aux questions les plus diverses, son implication auprès des étudiants. Aux étudiants qui ont participé à ce projet avec enthousiasme et confortent par leurs retours et remerciements les efforts de l'équipe pédagogique.

A tous les enfants et leurs familles croisés ces dernières années dans le cadre de mes activités hospitalière et humanitaire. Aux quatre coins du monde, vous m'avez appris à savoir être.

A mes parents, à Victoire, à Maxence, et à cette grande famille que sont les amis.

A Sophie et Emmanuel, mes filleuls.

## TABLE DES MATIERES

### Contenu

---

INTRODUCTION.....	7
I Le Deuxième Cycle des Etudes Médicales : Objectifs et Réalités .....	7
II Histoire de la pédagogie médicale en France .....	10
III La Simulation en Santé.....	13
IV L'Arrêt Cardiaque de l'Enfant .....	19
V Un nouvel enseignement de l'arrêt cardiaque à la FMPMC.....	25
OBJECTIF.....	25
METHODES .....	26
I L'enseignement « ancienne formule » .....	26
II L'enseignement « nouvelle formule ».....	26
III Evaluation de l'enseignement nouvelle formule .....	28
IV Analyse Statistique.....	37
RESULTATS .....	39
I Evaluation de la Satisfaction.....	39
II Evaluation des Connaissances .....	43
III Evaluation des Compétences.....	46
DISCUSSION .....	58
I Forces et faiblesses de ce travail.....	58
II A la lumière de la littérature existante.....	62
III Améliorer l'enseignement.....	69
IV Limites de la simulation .....	80
V L'Extension de la Simulation et ses Risques .....	84
CONCLUSION.....	86

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

---

ACR : Arrêt cardiorespiratoire

DCEM : Deuxième cycle des études médicales

DPC : Développement professionnel continu

DR : Détresse respiratoire

ECN : Epreuves classantes nationales

FMPMC : Faculté de médecine Pierre et Marie Curie

HAS : Haute Autorité de Santé

IQ : interquartile

PEC : Prise en charge

PEPITE : Programme d'Enseignement de la Pédiatrie par l'Internet et les Technologies Electroniques

QCM : Questionnaire à choix multiples

RCP : Réanimation cardiopulmonaire



### **I Le Deuxième Cycle des Etudes Médicales : Objectifs et Réalités**

---

En France, la définition du deuxième cycle des études médicales (DCEM) évolue. Créé en 1970, il comprenait initialement quatre années, de la DCEM1 à la DCEM4. L'objectif d'une harmonisation européenne des études médicales sur le format licence-master-doctorat a conduit à modifier cette définition en 2013<sup>1</sup>. Désormais, les six premiers semestres des études médicales sont sanctionnés par un *diplôme de formation générale en sciences médicales*. Le deuxième cycle des études médicales s'ouvre alors pour six autres semestres de formation, validés par l'obtention de 120 crédits européens correspondant au niveau master. Ce deuxième cycle est sanctionné par un *diplôme de formation approfondie en sciences médicales*.

#### **1/ Objectifs affichés du Deuxième Cycle des Etudes Médicales**

L'objectif du deuxième cycle des études médicales est énoncé dans l'article 5 du Bulletin Officiel paru le 16 mai 2013<sup>2</sup> : « L'acquisition des compétences génériques permettant aux étudiants d'exercer par la suite, en milieu hospitalier ou en milieu ambulatoire, les fonctions du troisième cycle et d'acquérir les compétences professionnelles de la formation dans laquelle ils s'engageront au cours de leur spécialisation. Les compétences à acquérir sont celles de communicateur, de clinicien, de coopérateur, membre d'une équipe soignante pluri professionnelle, d'acteur de santé publique, de scientifique et de responsable au plan éthique et déontologique. Il doit également apprendre à faire preuve de réflexivité ».

On notera avec une pointe de malice que pour le politique, la première compétence à acquérir est celle de communicateur, avant celle de clinicien. Armand Trousseau se retourne dans sa tombe, lui pour qui « la médecine est l'art de guérir, elle n'est que cela »<sup>3</sup>.

L'objectif final et affiché est donc de préparer ces étudiants aux fonctions du troisième cycle, c'est à dire à leurs fonctions hospitalières au cours de l'internat.

On peut déjà se demander si l'objectif du ministère est partagé par les étudiants hospitaliers. Car à l'issue du deuxième cycle, le choix de la spécialité et du centre hospitalo-universitaire de chaque étudiant est subordonné au rang de classement aux épreuves classantes nationales (ECN)<sup>4</sup>. Celles-ci comportent jusqu'en 2015 quatre épreuves rédactionnelles, trois épreuves sur dossiers cliniques d'une durée de trois heures chacune, et une épreuve de lecture critique d'un ou plusieurs articles scientifiques d'une durée de trois heures<sup>4</sup>.

L'objectif, vu par les étudiants hospitaliers, est à notre sens plus la réussite du concours que l'acquisition des compétences énoncées ci-dessus. Or jusqu'à maintenant ces épreuves nationales classantes font la part belle à l'apprentissage par cœur<sup>5</sup>, notamment des conférences de consensus de la Haute Autorité de Santé (HAS). Les conférences d'internat, qu'elles soient privées ou publiques, enseignent les meilleures réponses types aux questions susceptibles de tomber.

De ce hiatus entre les objectifs affichés par le ministère d'une part, et l'obsession de la réussite du concours par les étudiants d'autre part, nous nous posons la question suivante : les étudiants hospitaliers ont-ils acquis au début du troisième cycle des études médicales les compétences nécessaires à l'exercice de leurs fonctions ?

## **2/ La Réalité du Terrain à l'issue du deuxième cycle**

### ***2.1 La connaissance des situations d'urgence pédiatrique mal maîtrisée***

A l'issue du deuxième cycle des études médicales, et après passage des ECN, beaucoup d'étudiants ne maîtrisent toujours pas certaines situations d'urgence. Une étude menée sur des étudiants en début de 3<sup>ème</sup> cycle de médecine générale à Nantes<sup>6</sup> s'est intéressée à leur connaissance des situations d'urgence chez l'enfant et le nourrisson. 103 questions à réponse multiples (QCM) ont été soumises à 103 étudiants sur les 109 de la promotion 2011. Leur rang médian de classement à aux ECN était de 4338 (extrêmes 217-7686). 40 % avaient suivi le deuxième cycle à Nantes. 36 % ont eu un taux de bonne réponse inférieur à 75 %, et 32 % des QCM concernant des situations avec urgence vitale ont eu un taux de bonne réponse inférieur à 75 %. Seuls 8 étudiants (8%) ont jugé vraie la proposition suivante : « il faut débiter le massage cardiaque externe chez un nourrisson bradycarde < 60/min car il s'agit d'une inefficacité circulatoire ». Seuls 10 étudiants (10%) ont correctement jugé vraie la proposition suivante : « l'absence de raideur chez un nourrisson n'élimine pas le diagnostic de méningite ».

Ce constat est partagé par d'autres pays, comme le Royaume-Uni. Seuls 55 étudiants en 6<sup>ème</sup> année (Pre-Registration House Officer) sur les 108 interrogés connaissaient les normes exactes d'une saturation normale (95-100%), seuls 47 (43%) s'assuraient que le réservoir d'un masque à haute concentration restait gonflé<sup>7</sup>.

### ***2.2 Des compétences cliniques non acquises***

Si les connaissances des étudiants sont décevantes, il en est de même pour leurs compétences cliniques, et ce problème semble commun à tous les pays développés.

Une équipe Danoise a envoyé un questionnaire comprenant 226 items à maîtriser (exemples : sécuriser les voies aériennes, examiner un nouveau-né, calculer un APGAR...) aux 226 étudiants qui

venaient d'être diplômés après 6 ans et demie d'études (3 années de sciences fondamentales puis 3,5 années de formation médicale). Le décalage entre le curriculum souhaité (correspondant aux attentes des experts) et le curriculum appris (ce qui était réellement retenu par l'étudiant) était majeur, seuls 8 % des 226 étudiants Danois déclaraient posséder 90 % des 210 compétences attendues. 28 situations d'urgence médicale étaient déclarées « non maîtrisées » par les étudiants<sup>8</sup>.

De la même manière, au Royaume-Uni, les étudiants déclarent à l'issue de leurs cinq premières années de médecine ne pas maîtriser la plupart des gestes techniques (électrocardiogramme, pose d'une sonde nasogastrique, toucher rectal en premier lieu)<sup>9</sup>.

Lorsque les étudiants sont évalués au cours d'un examen clinique objectif structuré à l'issue de leur cinq premières années de médecine, comme cela a été réalisé en Afrique du Sud, ils sont peu à remplir les objectifs : 7 % savent poser correctement une sonde urinaire, 57 % réalisent correctement une prise de sang, 19 % posent correctement une perfusion<sup>10</sup>.

### ***2.3 Des étudiants qui se sentent peu préparés et stressés***

Les études de différents pays rapportent que les étudiants eux-mêmes ont conscience de leurs lacunes, et l'arrivée aux responsabilités dans le monde hospitalier est source d'un stress important.

Nous avons vu au paragraphe précédent qu'ils déclarent dans les questionnaires mal maîtriser les compétences de base. Or avoir l'impression de ne pas être à la hauteur dans la prise en charge d'un patient, particulièrement lors d'une urgence vitale, est source d'un stress majeur pour les nouveaux internes. D'autant plus s'il n'y a pas de soutien de la part de leurs seniors. Une étude menée au Royaume-Uni chez 2456 « House Officer » (correspondant à la septième année d'étude médicale, et la deuxième année de travail en hôpital) par questionnaires, retrouve que ces internes placent le manque de connaissance et le manque de compétence technique dans les 10 premières causes de leur stress à l'hôpital<sup>11</sup>.

### ***2.4 Entre théorie et pratique, un monde***

Une autre source de difficulté soulevée par une étude anglaise est le passage de la théorie à la pratique. Plusieurs « House Officer » expriment leur difficulté à appliquer des concepts simples qu'ils ont appris. Un interne donne l'exemple d'un patient qui présentait une bradycardie. Il savait qu'il fallait donner de l'atropine, mais il ne savait ni préparer ce médicament, ni l'administrer. Selon ses propres mots, il possédait une connaissance qu'il ne savait pas utiliser<sup>12</sup>.

En conclusion de cette première partie, on note dans l'ensemble des pays développés un décalage entre les attentes des enseignants et des hospitaliers d'une part, et les compétences des étudiants d'autre part. Pour être performants au début de leur internat, les étudiants doivent acquérir non seulement des connaissances, mais aussi des compétences nées de l'expérience et de la vie

hospitalière. Dès lors, quelles sont les meilleures stratégies pour former les futurs internes ? Nous verrons dans le paragraphe suivant que cette dualité entre connaissances théoriques et expériences hospitalières est un problème qui s'est posé dès l'implantation des premières facultés de médecine.

## **II Histoire de la pédagogie médicale en France**

---

L'*Histoire de l'Éducation Médicale*<sup>13</sup>, ouvrage collectif réalisé sous la direction du Pr O'Malley, donne les clés pour comprendre l'évolution de la pédagogie médicale entre le XVII<sup>e</sup> et le XX<sup>e</sup> siècle.

### **1/ La Période Classique**

Aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, l'éducation en générale et l'éducation médicale en particulier accèdent à un petit espace de liberté suite à l'accession au trône du roi Henri IV (1589) et à la promulgation de l'Edit de Nantes (1598), face à l'influente Eglise catholique.

Dès cette époque on note un double enseignement :

- Un enseignement à l'université. 24 facultés de médecine existaient sous l'Ancien Régime, dont les plus réputées étaient Montpellier, Paris, Toulouse et Strasbourg. Les enseignements y étaient théoriques, et très inégaux d'une faculté à l'autre. A Paris, les quatre années de préparation au baccalauréat comportaient les matières suivantes : *materia medica*, pharmacie, physiologie, anatomie, pathologie, chirurgie, hygiène, et obstétrique. L'enseignement de l'anatomie était rudimentaire, avec au plus deux dissections.

- Un enseignement à l'hôpital, indépendant de l'enseignement à l'université. Les hôpitaux n'étaient pas rattachés aux facultés, mais recrutaient leurs médecins parmi les étudiants en médecine et les formaient au sein de leurs équipes. A partir de 1693, l'Hôtel Dieu de Paris décida de sélectionner ses internes parmi les externes les plus brillants.

### **2/ La Période Moderne**

La révolution française de 1789 eut pour conséquence de supprimer par loi et décret en 1792 et 1793 les facultés de théologie, médecine, art et droit. Il en résulta un chaos important, et de nombreux charlatans se prétendirent docteurs. La Convention puis le Directoire durent initier d'importantes réformes, dont l'uniformisation des études médicales, avec une part théorique enseignée à la faculté, et l'obligation de stages hospitaliers. La formation médicale restait cependant bicéphale, avec :

- Un enseignement à la faculté, théorique, national et ouvert à tous.

- Un enseignement hospitalier, complémentaire, régional ou local, et réservé à une élite sélectionnée par compétition. Cette présence à l'hôpital commençait dès la première année. Chaptal, ministre de l'intérieur sous le Consulat, instaura en 1802 l'externat et l'internat. Le premier concours de l'internat eut lieu la même année, celui de l'externat l'année suivante. Le concours de l'externat disparaîtra à la suite des événements de mai 1968, pour permettre à tous les étudiants désormais nommés « étudiants hospitaliers » de profiter de l'enseignement pratique autrefois dispensée aux seuls externes.

Cette dualité entre théorie et pratique s'accroît avec l'émergence des sciences fondamentales : chimie, physique, biologie. Si éloignées de la clinique, elles divisèrent les médecins. Armand Trousseau (1801-1867) s'adressait aux étudiants en médecine en ces termes :

*« Le peu de temps que vous consacrez à la médecine rend bien difficile pour vous l'étude des sciences accessoires. Il importe que, avant d'entrer dans la carrière médicale, vous ayez déjà des notions de chimie et de physique suffisantes pour comprendre les applications de ces sciences à la médecine ; mais je déplorerais profondément le temps que vous perdriez à acquérir des connaissances chimériques trop étendues. »*

Pour ce clinicien, *« Du jour qu'un jeune homme veut être médecin, il doit fréquenter les hôpitaux. Il faut voir, toujours voir des malades »*<sup>3</sup>.

### **3/ Le rapport Flexner et la réforme Hospitalo-Universitaire**

En 1910 aux Etats-Unis, Abraham Flexner (1866-1959), enseignant et ancien principal de collège, publia un rapport intitulé « Education médicale aux Etats-Unis et au Canada ».

Dans ce rapport, il notait que la physiologie, la biochimie, la biophysique enseignées dans les facultés de médecine étaient des matières scientifiques qui nécessitaient des prérequis : les sciences fondamentales qu'étaient la chimie, la physique, la biologie. Il plaidait pour que ces dernières soient intégrées au cursus médical<sup>14</sup>.

Dans la même idée, il indiquait déjà la nécessité que les professeurs de médecine partagent leur temps entre les soins, les activités de recherche et d'enseignement. Les facultés de médecine devaient donc s'affilier à des hôpitaux et se doter de laboratoires de recherche.

Ces idées seront reprises en France par le Pr Robert Debré lors de la réforme hospitalo-universitaire de 1958. Les ponts furent construits entre l'enseignement à la faculté et l'enseignement hospitalier, avec la création des centres hospitalo-universitaires, liant par contrat les centres hospitaliers régionaux concernés et les facultés de médecine<sup>15</sup>. L'enseignement des sciences fondamentales fut acté. « A l'heure actuelle, il faut donner la priorité à la clinique mais remplacer le

stage de première année par une formation aux sciences fondamentales », pouvait-on entendre à l'occasion de l'audition de professeurs des hôpitaux de Paris dans le cadre du Comité interministériel du 20 décembre 1956<sup>16</sup>.

Encore de nos jours, la bataille est rude entre les partisans d'un enseignement clinique au lit du malade et les partisans d'une formation scientifique approfondie. Ainsi ces mots de Jean Jaques Guilbert, qui se présente comme rapporteur auprès du « Comité Debré » (1959 à 1966), en tant que « chargé de la section médicale du Bureau des examens et concours de la sous-direction de l'Enseignement supérieur », au sein du Ministère de l'Éducation Nationale. Il écrit en 2007 :

*« Parti d'une prémisse exacte, Debré est arrivé à promouvoir une solution néfaste. Espérant rafler des Prix Nobel aux Américains, il allait priver jusqu'à ce jour toutes les nouvelles générations de médecins français de la possibilité de bénéficier de l'indispensable contact précoce avec la réalité clinique pendant quatre semestres de matinées de stage à l'hôpital. [...] le temps volé aux stages hospitaliers se transforma en heures de cours magistraux de matières dites scientifiques et fondamentales, conduisant les étudiants à prendre des notes leur donnant une idée des questions qui seraient posées aux examens qui mesureraient traditionnellement plus leur puissance de mémorisation que leur capacité à suivre un raisonnement scientifique. Oublions les Prix Nobel ! »<sup>17</sup>.*

#### **4/ La modernisation d'un compromis**

De nouvelles méthodes d'apprentissage ont permis ce compromis entre l'enseignement au lit du malade et l'enseignement théorique. Dans les années 1980, apparaît aux Etats-Unis une nouvelle forme d'enseignement, le « problem-based learning » ou « apprentissage par problèmes »<sup>18</sup>. Cette modalité permet d'enseigner à la faculté des raisonnements cliniques anciennement acquis à l'hôpital. Les dossiers cliniques entrent progressivement dans les épreuves du concours de l'internat puis des épreuves classantes nationales, jusqu'à représenter l'unique mode de sélection des années 2004-2008, avant l'introduction de la lecture critique d'article en 2009.

C'est dans la même idée que naît en 1987 l'apprentissage du raisonnement clinique (ARC) à l'université de Sherbrooke. Cette modalité, destinée aux terrains de stage, permet aux étudiants d'organiser leurs connaissances autour d'un cas clinique. Elle permet de pallier certaines difficultés de l'enseignement clinique, notamment la complexité des malades rencontrés au sein des CHU<sup>19</sup>.

En conclusion, comme le dit le philosophe Michel Serres<sup>20</sup>, la médecine est un monstre à deux têtes. L'une est scientifique, et nécessite un apprentissage théorique, l'autre est empirique, et nécessite un apprentissage pratique. La deuxième moitié du XXe siècle voit la faculté renforcée, car

à travers de nouvelles modalités d'apprentissage comme le problem based learning, elle voudrait enseigner le théorique comme l'empirique ; L'enseignement hospitalier est quant à lui affaibli par la multiplication des étudiants, la complexité des malades, la surcharge de travail des chefs de clinique, et surtout la perspective des épreuves nationales classantes, qui au moins dans les hôpitaux parisiens (dont je peux témoigner) ont pour conséquence la fuite de certains étudiants hospitaliers vers les bibliothèques, et le délaissement des patients dont la maladie ne figure pas au programme. Dans les années 2000, les facultés se renforcent encore avec l'avènement d'un nouveau mode d'apprentissage, qui transférerait presque le patient de son lit d'hôpital à une salle de travaux dirigés : la simulation, objet de notre travail.

### **III La Simulation en Santé**

---

Comme définition des termes « simulation en santé », la haute autorité de santé (HAS) propose celle adoptée en 2009 par la chambre des représentants aux USA<sup>21</sup>:

« 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».

#### **1/ Différents types de simulation**

Dans son rapport intitulé « Etat de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé » paru en 2012, la HAS distingue les modalités de simulation suivante :

- Le patient standardisé ou patient simulé : des acteurs ou des patients jouent un jeu de rôle avec un scénario préétabli. Ce mode d'enseignement est surtout adapté pour développer les compétences en communication, notamment lors de l'annonce d'une maladie grave.

- La simulation procédurale : ces simulateurs permettent l'apprentissage d'un geste. Peau synthétique pour les sutures, bras pour perfusion. Certains sont plus élaborés et permettent la simulation de coronarographies, de cholécystectomie, etc.

- La simulation hybride qui combine un patient et un élément de simulation procédurale. Par exemple, un patient qui porte sur le bras une « peau simulée » pour perfusion.

- Les simulateurs haute-fidélité dits « pleine échelle ». Ce sont des mannequins grandeur nature, pilotés par ordinateur, qui ont la possibilité de respirer, parler, avoir des bruits thoraciques

cardiaques et respiratoires, voire une fontanelle bombante chez l'enfant. Les situations peuvent être contextualisées dans les services cliniques, pour un réalisme encore plus grand.

- Les simulateurs tactiles chirurgicaux, permettant aux chirurgiens de s'entraîner à l'endoscopie ou à la coelioscopie, avec des sensations de retour de force et de résistance.

- La réalité virtuelle basée sur des interfaces écran. Elle permet aux cliniciens de s'entraîner à prendre des décisions cliniques pour un patient virtuel en fonction de différentes variables.

- L'environnement 3D. Le médecin est au centre d'un environnement ressemblant à celui des jeux vidéo les plus performants, et doit prendre les décisions qui s'imposent.

Dans le cadre de ce travail, nous nous concentrerons sur les simulateurs haute-fidélité, dont le SimBaby<sup>TM</sup> de Laerdal, que nous avons utilisé.

## **2/ Les simulateurs haute-fidélité**

### ***2.1 Historique : de Resusci-Anne aux simulateurs haute-fidélité***

La première tentative d'enseignement par simulation en France dans le domaine de la santé est sans doute l'œuvre au XVIII<sup>e</sup> siècle de la sage-femme Madame du Coudray qui enseignait aux matrones des campagnes l'art des accouchements. Une partie de son enseignement reposait sur l'utilisation de mannequins permettant de simuler des manœuvres obstétricales<sup>22</sup>.

Il faut attendre le début des années 1960 pour que naisse de l'association d'un anesthésiste norvégien (le Dr Bjorn Lind) et d'un fabricant de jouet (Asmund Laerdal) le premier mannequin pour l'enseignement du bouche-à-bouche : Resusci-Anne. Ce mannequin inspire encore aujourd'hui les mannequins de réanimation cardio-respiratoire<sup>23</sup>.

Au milieu des années 1960, l'ingénieur Stéphane Abrahamson et le Dr Judson Denson en Californie créent le premier mannequin contrôlé par ordinateur, ouvrant la voie aux futurs mannequins haute-fidélité. Le perfectionnement des simulateurs grâce aux avancées informatiques et technologiques permettent en 2000 la naissance d'un mannequin adapté à la médecine d'urgence, SimMan, de Laerdal. Il faut attendre 2005 pour voir apparaître le mannequin pédiatrique haute-fidélité SimBaby de Laerdal.





*Illustration 1: Le simulateur pédiatrique haute-fidélité « SimBaby »*

*Source : <http://www.laerdal.com/fr/SimBaby>*

## **2.2 L'intérêt du mannequin haute-fidélité pleine échelle**

Une étude Australienne<sup>24</sup> a voulu comparer 3 types d'enseignements à base de simulation dans le cadre de situations d'urgence. Les groupes constitués d'une vingtaine d'étudiants en 6<sup>ème</sup> année ont reçu les enseignements suivants :

- Groupe 1 : enseignement sur ordinateur complété par de la simulation procédurale
- Groupe 2 : idem + simulation sur mannequin grandeur nature
- Groupe 3 : idem + simulation sur mannequin haute-fidélité « pleine échelle »

A l'issue de leur enseignement, ces 3 groupes étaient testés sur deux scénarios (tachycardie ventriculaire et hypoglycémie) qui avaient été étudiés et un troisième (anaphylaxie) qui n'avait pas été vu. Au plan des connaissances et de la confiance en soi, il n'y avait pas de différence entre les 3 groupes. Les scores de compétence étaient identiques pour le premier scénario, meilleurs pour le groupe 3 concernant le deuxième scénario, et bien meilleurs pour le groupe 3 dans le cadre de l'anaphylaxie, scénario qui n'avait pas été étudié. Les auteurs concluent que la simulation sur mannequin haute-fidélité « pleine échelle » permet non seulement de développer ses compétences, mais de réagir plus efficacement face à des situations cliniques nouvelles.

Dans le domaine de la simulation pédiatrique, une méta-analyse<sup>25</sup> de 2014 retrouve une amélioration significative des scores de compétences lorsqu'un mannequin haute-fidélité est utilisé

par rapport à un mannequin simple. Les scores de connaissances sont également meilleurs, mais la différence n'est pas significative.

Pour autant, le développement de l'enseignement par simulateurs haute-fidélité repose moins sur la preuve de leur efficacité que sur les bouleversements sociétaux majeurs que nous proposons de décrire maintenant.

### **3/ Les raisons éthiques d'un succès**

#### ***3.1 Réduire le risque d'erreur humaine***

En 2000, le rapport « *to Err is Human : building a safer health system* »<sup>26</sup> fait l'effet d'une bombe aux Etats-Unis. Le nombre estimé de décès chaque année dû à des erreurs médicales au sein des hôpitaux s'élève à 98 000. Les auteurs le mettent en balance avec le nombre de morts liés aux accidents de la route (43458), au cancer du sein (42297), au SIDA (16516).

La simulation est alors proposée comme un moyen d'en réduire la fréquence et les conséquences. En effet, elle a déjà fait les preuves de son efficacité et est largement utilisée dans d'autres domaines où l'erreur humaine peut être fatale: l'aviation, l'industrie nucléaire, la navigation marchande.

#### ***3.2 Recentrer la médecine sur le patient***

En France, le principe d'autonomie du patient est consacré par l'article L1111-4 du code de la santé publique : « Toute personne prend, avec le professionnel de santé et compte tenu des informations et des préconisations qu'il lui fournit, les décisions concernant sa santé. [...] L'examen d'une personne malade dans le cadre d'un enseignement clinique requiert son consentement préalable »<sup>27</sup>.

On peut se demander si ce principe d'autonomie ne s'est pas construit en opposition à une radicalisation scientifique de la médecine. Abraham Flexner, en proposant de faire de chaque patient le point de départ d'un raisonnement scientifique, a pu donner l'idée à certains qu'ils n'étaient que des souris de laboratoire, et que leur personne ne comptait pas. Il existe d'ailleurs toujours des services qui profitent de l'anesthésie générale d'une femme pour entraîner leurs externes à l'examen gynécologique, ou d'autres qui utilisent un patient juste décédé pour s'entraîner à l'intubation, sans les consentements ni des uns ni des autres. Ces comportements devenus éthiquement inacceptables, la simulation se propose de les rendre également inutiles, proposant la même formation sur simulateur.

Pour ces deux raisons, l'exigence d'une sécurisation des soins, et le refus des patients de faire les frais de l'enseignement, la simulation s'impose, promue par cette fameuse phrase de la HAS érigée en principe : « Jamais la première fois sur le patient »<sup>28</sup>. S'ouvre l'ère des recommandations.

#### **4/ La simulation au centre des recommandations**

##### **4.1 Américaines**

En 2009, les recommandations de la Chambre des Représentants<sup>21</sup> des Etats-Unis sont claires :

*« The Director shall award grants to eligible entities to incorporate medical simulation and interdisciplinary simulation technologies into curricula and training of physicians, nurses, and allied health professionals. »*

La simulation doit donc être intégrée à la formation des médecins.

Le congrès encourage également la recherche et les initiatives prises dans le domaine de la simulation, et la création de centres de simulation médicale d'excellence.

##### **4.2 Européennes**

Les recommandations de l'European Resuscitation Council publiées en 2010 donnent les principes de la formation à la réanimation<sup>29</sup>. Dans les méthodes listées pour la formation à la réanimation cardio-respiratoire avancée, les auteurs soulignent que « la simulation est un élément essentiel de la formation ».

##### **4.3 Françaises**

Depuis 2012, la simulation est également promue en France. Un guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé<sup>30</sup> est publié en décembre 2012 dans le but d'encadrer cette nouvelle modalité d'enseignement. « La HAS entend promouvoir le développement de la simulation en santé, notamment en tant que méthode de développement professionnel continu, et permettre sa structuration, en proposant aux équipes un guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé. Cette volonté s'inscrit dans le cœur de mission de la HAS : renforcer la sécurité du patient et la gestion des risques ».

Si la simulation s'implante progressivement en France, a-t-elle une place au cours de l'enseignement au cours du deuxième cycle médical, sujet de notre thèse ?

## **5/ La Simulation au Cours du Deuxième Cycle des Etudes Médicales**

### ***5.1 Des étudiants demandeurs***

En France, vingt externes en DCEM2 de l'université de Versailles-St Quentin ont participé à une séance sur simulateur haute-fidélité au titre d'un enseignement expérimental<sup>31</sup>. Tous y ont vu l'intérêt potentiel de cet outil, avec des notes de satisfaction concernant les cas cliniques de 4.9/5 pour le cas de coma et de 5/5 pour le cas d'infarctus du myocarde. Les principaux intérêts relevés étaient la gestion d'une équipe, la mise en œuvre d'un algorithme de décision et l'application d'un raisonnement médical en direct.

### ***5.2 Une volonté politique***

L'arrêté du 8 avril 2013 fixant les modalités du deuxième cycle des études médicales, qui s'applique déjà à la promotion d'étudiants qui passera l'ECN en 2016, promeut l'utilisation de la simulation.

En effet, comme aux Etats-Unis, « la formation fait appel aux technologies de l'information et de la communication appliquées à l'enseignement et aux soins et aux différentes approches de simulation »<sup>1</sup>.

Dans le cadre du certificat de compétence clinique destiné à vérifier les compétences acquises par les étudiants et indispensable à la validation du diplôme de sciences médicales approfondies, la simulation est désormais une modalité de validation, au même titre que la mise en situation auprès d'un patient<sup>1</sup>.

L'heure de la simulation dans le cadre du deuxième cycle des études médicales en France a donc sonné. Néanmoins, cet enseignement n'est intéressant que dans certaines situations cliniques, au premier rang desquelles les situations d'urgence. Nous nous sommes donc proposé de traiter la plus grave de ces situations, l'arrêt cardio-respiratoire de l'enfant.

## IV L'Arrêt Cardiaque de l'Enfant

---

### 1/ Incidence

#### *1.1 L'arrêt cardiaque extrahospitalier*

Les études évaluant l'incidence de l'arrêt cardiaque extrahospitalier de l'enfant sont très hétérogènes dans leurs définitions (différences d'âge à l'inclusion, exclusion ou non des causes accidentelles, des patients en fin de vie...). Nous avons choisi de retenir 3 études prospectives parues dans les cinq dernières années.

La première étude est américaine<sup>32</sup> et a impliqué onze centres américains et canadiens qui couvraient 23.7 millions d'habitants et plus de 260 services d'urgence. Entre 2005 et 2007, 277 arrêts cardiaques ont été enregistrés chez des enfants de moins d'un an, 154 chez des enfants de 1 à 11 ans, et 193 chez des adolescents entre 12 et 19 ans. L'incidence de l'arrêt cardiaque extrahospitalier était de 8.04 pour 100 000 personnes-années (72.71 avant 1 an, 3.73 entre 1 et 11 ans, 6.37 entre 12 et 19 ans), comparé à 126.52 pour 100 000 personnes-années chez l'adulte. La seconde étude<sup>33</sup> a été menée au Japon à l'échelle nationale. 5758 arrêts cardiaques extrahospitaliers ont été enregistrés chez des enfants de moins de 17 ans entre 2005 et 2007, avec une incidence similaire à celle retrouvée aux Etats-Unis : 8 pour 100 000 personnes-années (65.9 avant 1 an).

La troisième étude, néerlandaise<sup>34</sup>, s'est intéressée aux arrêts cardiaques des enfants de moins de 21 ans survenant dans l'une des provinces néerlandaises entre 2005 et 2010. 233 arrêts ont été enregistrés, portant là encore l'incidence à un taux similaire aux autres pays : 9 pour 100 000 personnes-années.

#### *1.2 L'arrêt cardiaque intra-hospitalier*

L'incidence de l'arrêt cardiaque intra-hospitalier est très difficile à évaluer, car elle dépend fortement des caractéristiques de l'hôpital<sup>35</sup>: pays, présence d'un service de réanimation, accueil des polytraumatisés, centre de chirurgie cardiaque, etc.

Une étude brésilienne<sup>36</sup> monocentrique retrouvait pour l'année 1997-1998 un taux de 3 % d'arrêt cardiaque ou de bradycardie avec insuffisance circulatoire nécessitant des compressions (176 enfants sur 6024 admis). Une autre étude finlandaise<sup>37</sup>, retrouvait un taux de 6 % dans un service de soins intensifs.

Une étude australienne<sup>38</sup> prospective monocentrique dans un centre hospitalo-universitaire a retrouvé entre 1999 et 2002 une incidence très inférieure, de 0.21 pour 1000 admissions dans les services, et de 19.1 pour 1000 admissions en soins intensifs.

Aux Etats-Unis<sup>39</sup> ce taux, calculé à partir des données de 38 états américains, était de 0.77 pour 1000 admissions tous services confondus en 2006. Il s'élevait à 2,2% chez les enfants admis en unité de soins intensifs (Etude réalisée sur 330 000 enfants de 108 centres hospitaliers américains)<sup>40</sup>.

Qu'il soit intra ou extrahospitalier l'arrêt cardiaque reste un événement rare, auquel les étudiants hospitaliers seront exceptionnellement confrontés pendant la durée de leurs études.

## **2/ Causes de l'arrêt cardiaque**

### **2.1 L'arrêt cardiaque extrahospitalier**

C'est attendu, les causes de l'arrêt cardiaque sont différentes s'il est extrahospitalier ou intra-hospitalier. Dans 30 à 50 % des cas, les arrêts cardiaques extrahospitaliers sont dus à des causes externes : les accidents de la route en premier lieu, puis le suicide, la noyade, et les actes de violence<sup>33,34</sup>. Quant aux causes médicales, l'arrêt cardiaque extrahospitalier a d'abord une origine cardiaque (26 à 39 % selon les études). Viennent ensuite les causes respiratoires (6.6 à 11%) et neurologiques (1.5 à 8%).

### **2.2 L'arrêt cardiaque intra-hospitalier**

Selon les études, l'origine prédominante de l'arrêt cardiaque intra-hospitalier varie. Une étude menée aux Etats-Unis et au Canada<sup>41</sup> portant sur 880 arrêts intra-hospitaliers pédiatriques entre 2000 et 2004 retrouve une insuffisance respiratoire préexistante dans 58 % des cas, taux similaire aux 61 % retrouvés dans l'étude brésilienne de 1997-1998<sup>41</sup>. En revanche, une étude espagnole<sup>42</sup> portant sur 283 arrêts retrouvait une origine cardiaque (cardiopathie ou arythmie) dans 21 % des cas, devant les causes neurologiques (16.6%) et respiratoires (13.1%). Une autre étude américaine<sup>43</sup> comparant les arrêts cardiaques extra et intra-hospitaliers (138 et 353 cas respectivement), retrouvait elle aussi comme première cause aux arrêts intra-hospitaliers une origine cardiaque (cardiopathie congénitale 37 %, arythmie et autre origine cardiaque 36%), devant une origine respiratoire (42%, les pourcentages dépassent 100 % car certains présentaient deux origines dans le même temps). Là encore, le recrutement des hôpitaux est probablement à l'origine de ces différences.

### 3/ Arrêt cardiaque de l'enfant - Pronostic

#### 3.1 L'arrêt cardiaque extrahospitalier

Le taux de survie d'un arrêt cardiaque extrahospitalier est faible, entre 6 et 9 % à la sortie de l'hôpital<sup>44</sup> ou à 1 mois de suivi<sup>33</sup>. Malgré l'hétérogénéité des études, ce taux ne semble pas avoir significativement augmenté entre la fin des années 1990 et les années 2005-2007. Parmi les survivants, 31 % s'en sortaient sans handicap neurologique majeur à la sortie de l'hôpital dans les années 1994-1997 aux Etats-Unis<sup>44</sup>. Dix ans plus tard, au Japon, Kitamura retrouve un taux similaire, avec 34 % de patients sans morbidité neurologique à 1 mois<sup>33</sup>.

#### 3.2 L'arrêt cardiaque intra-hospitalier

Dans le cadre d'un arrêt cardiaque intra-hospitalier, le taux de survie est meilleur, et s'est encore amélioré sur les dix dernières années.

Le tableau ci-dessous résume les taux de survie à la sortie de l'hôpital, à 1 an, et le pronostic neurologique à la sortie de l'hôpital, selon les pays et les années.

Auteur (Année)	Pays	Cadre	Nombre patients	Survie à la sortie (%)	Pronostic neuro ok (%)	Survie à 1 an (%)
Gupta <sup>40</sup> (2014)	USA	IH	329 982	35	NA	NA
Lopez-Herce <sup>42</sup> (2013)	Multinat.	IH	502	39.2	34.8	NA
Huang <sup>45</sup> (2012)	Taiwan	IH, ECMO	54	46	39	NA
Thiagarajan <sup>46</sup> (2007)	USA	IH, ECMO	682	38	NA	NA
Nadkarni <sup>41</sup> (2006)	USA Canada	IH	880	27	18	NA
Meaney <sup>47</sup> (2006)	USA	PICU	411	21.4	14	NA
Samson <sup>48</sup> (2006)	USA	IH	855	25	22	NA
Tibbals <sup>38</sup> (2006)	Australie	IH	116	36	NA	34
Reis <sup>36</sup> (2002)	Brésil	IH	129	16.2	15	14.7
Suominen <sup>37</sup> (2000)	Finlande	IH	118	19.5	12.7	17.8

Tableau 1 : Pronostic de l'arrêt cardiaque entre 2000 et 2014. IH : intra-hospitalier ; ECMO : extracorporeal membrane oxygenation, PICU : pediatric intensive care unit, NA : non applicable.

On note au fil des ans une amélioration du taux de survie à la sortie de l'hôpital et du taux de survie avec pronostic neurologique correct.

La tendance observée dans ces études est confirmée par l'étude de Girotra et Al<sup>49</sup>. Cette étude, qui s'est intéressée à 1031 arrêts cardiaques intra-hospitaliers pédiatriques à partir des résultats d'un registre couvrant 12 hôpitaux américains, retrouve une amélioration significative des taux de survie entre 2000 et 2009. Le taux de survie à la sortie de l'hôpital, ajusté sur les caractéristiques des patients, est passé de 14.3 % en 2000 à 43.4 % en 2009. Cette amélioration touche toutes les tranches d'âge, et quel que soit le rythme noté lors de l'arrêt cardiaque (asystolie, activité électrique sans pouls, fibrillation ventriculaire et tachycardie ventriculaire sans pouls). L'article précise que ces bons résultats en matière de survie ne s'accompagnent pas d'une augmentation significative de la morbidité neurologique : l'augmentation de la survie de ces enfants ne se fait pas au prix de handicaps neurologiques majeurs.

#### **4/ Intérêt de la simulation dans l'arrêt cardiaque**

##### ***4.1 Travailler le point faible de ses aînés***

Grâce à des études sur simulateur haute-fidélité, il a été montré que les performances des internes de pédiatrie américains face à un arrêt cardiaque de l'enfant étaient inquiétantes : dans une étude, 23 étudiants sur 70 n'ont jamais débuté les compressions<sup>50</sup>; dans une autre étude, 75 % des équipes pédiatriques (généralement un interne et au moins une infirmière) n'ont pas respecté les recommandations de l'American Heart Association<sup>51</sup>. Il est donc primordial que les étudiants en médecine puissent s'entraîner à prendre en charge cette situation. La simulation en est le meilleur moyen.

##### ***4.2 Provoquer la survenue d'une situation exceptionnelle***

Nous l'avons vu, l'arrêt cardiaque de l'enfant, même intra-hospitalier, est exceptionnel. La probabilité qu'un étudiant hospitalier puisse assister à la prise en charge de cette pathologie est infime. Il ne peut donc pas se former à cette prise en charge lors d'un stage hospitalier. Au contraire, la simulation sur mannequin haute-fidélité permet de reproduire autant de fois que nécessaire cette situation. L'étudiant peut acquérir de l'expérience en étant exposé à cet événement rare.

##### ***4.3 Travailler une situation gravissime sans risque***

Malgré une tendance nette à l'amélioration, les taux de survie des arrêts cardiaques intra-hospitaliers de l'enfant ne dépassent pas 50 %. C'est la situation la plus grave à laquelle doit faire face un médecin. Il est peu probable, au vu des enjeux de la situation (la survie sans handicap), que l'étudiant hospitalier soit associé à cette prise en charge si elle survenait au cours de son stage. Au



contraire, la simulation lui permet de s'entraîner à prendre en charge un arrêt cardiaque de l'enfant sans préjudice pour le patient, et sans risque de traumatisme psychologique pour l'étudiant.

#### ***4.4 Appliquer en pratique des connaissances théoriques***

La prise en charge de l'arrêt cardiaque de l'enfant en Europe est protocolisée<sup>52</sup> avec des algorithmes précis qui sont revus tous les 5 ans. Or nous avons vu que le passage de la théorie à la pratique n'était pas évident pour les étudiants. La simulation sur mannequin permet de vérifier que le transfert du savoir en savoir-faire fonctionne, que l'étudiant est capable d'appliquer ses connaissances sur le terrain.

#### ***4.5 Travailler des gestes techniques***

La prise en charge de l'arrêt cardiaque nécessite de maîtriser de nombreux gestes techniques : libération des voies aériennes, ventilation au masque, positionnement des mains pour les compressions, rythme et profondeur des compressions. La simulation permet de travailler chacun de ces gestes dans des conditions réalistes, et de répéter ces gestes jusqu'à ce qu'ils soient acquis.

#### ***4.6 Appréhender ses réactions en situation de stress***

Malgré des connaissances et une technique parfaite, un stress intense ou une charge cognitive trop importante peuvent diminuer les performances d'un médecin ou d'un étudiant<sup>53</sup>. La simulation permet d'apprendre à gérer son stress et celui des autres, une compétence demandée par l'arrêté du 8 avril 2013, grâce à des mises en situations très réalistes.

#### ***4.7 Appréhender le travail en équipe***

Les facteurs humains influencent la réussite d'une réanimation cardiopulmonaire. Une étude sur simulateur a montré que les équipes qui échouaient à réanimer un patient en arrêt cardiaque n'avaient souvent pas de leader désigné ni de distribution officielle des tâches, en comparaison avec les équipes qui réanimaient avec succès<sup>54</sup>. Une autre étude montre que la qualité d'une réanimation cardiopulmonaire est augmentée lorsque les membres de l'équipe ont l'habitude de travailler ensemble par rapport à une équipe qui se forme dans l'urgence<sup>55</sup>. Être « coopérateur, membre d'une équipe soignante pluri professionnelle » est une compétence à acquérir au cours du deuxième cycle des études médicales<sup>1</sup>. L'enseignement sur simulateur permet à l'étudiant d'appréhender les facteurs humains intervenant lors d'un travail en équipe.

#### **4.8 Et finalement Sauver des vies**

Deux études montrent que la simulation en réanimation cardio-pulmonaire a des conséquences bénéfiques pour les patients. Chez l'adulte, l'étude de Wayne<sup>56</sup> montre que les internes de deuxième année qui ont reçu un enseignement sur simulateur appliquent mieux les recommandations de l'American Heart Association que les internes de troisième année qui n'ont pas pu pratiquer sur simulateur. Le nombre d'arrêts intra-hospitaliers, quarante-huit, est néanmoins trop faible pour montrer des différences significatives en matière de survie des patients.

Chez l'enfant, l'étude d'Andreatta<sup>57</sup> a montré que la simulation d'arrêt cardiaque en conditions réelles au sein d'un hôpital, à fréquence croissante sur 48 mois, permettait d'augmenter la survie des enfants qui avaient réellement présenté un arrêt cardiaque.

#### **5/ Associer Film Pédagogique et Simulation dans l'Arrêt Cardiaque**

Braslow a créé en 1997 une vidéo pour enseigner l'arrêt cardiaque aux personnes qui voulaient se former aux premiers secours grâce au programme de l'American Heart Association<sup>58</sup>. Cette vidéo de 34 minutes comportait une première partie enseignant les compressions et la ventilation, avec mise en pratique simultanée sur un mannequin d'une valeur de 40 dollars, et une seconde partie montrant la séquence à initier en urgence en cas d'arrêt cardio-respiratoire. Les apprenants acquéraient de meilleures compétences à l'issue de la visualisation de la vidéo de 34 minutes que lors du cours traditionnel avec simulation seule de l'American Heart Association qui durait 4 heures. D'abord destinée au grand public, cette vidéo a également montré son intérêt chez les étudiants en médecine<sup>59</sup>.

## **V Un nouvel enseignement de l'arrêt cardiaque à la FMPMC**

---

La faculté de médecine de l'université Pierre et Marie Curie (FMPMC) accueille annuellement environ 400 étudiants en 3<sup>ème</sup> année du deuxième cycle des études médicales (DCEM3). Fin 2011, sous l'impulsion du Pr Alexandre Duguet, vice-doyen à la FMPMC, la faculté de médecine a décidé de faire évoluer sa pédagogie en intégrant un enseignement par simulation au cours du second cycle des études médicales. En vue de créer un module pédiatrique d'enseignement par simulation, un groupe d'enseignants pédiatres s'est formé sous la direction du Dr Arnaud Petit : le groupe PEPITE (Programme d'Enseignement de la Pédiatrie par l'Internet et les Technologies Electroniques). Ses objectifs sont les suivants<sup>60</sup> :

- Créer des supports de cours numériques (films pédagogiques, modules de *e-learning*)
- Mettre en place l'enseignement par simulation en pédiatrie pour les étudiants du 2<sup>ème</sup> cycle médical dans l'université.
- Former les enseignants à cette approche pédagogique
- Evaluer et faire évoluer les enseignements mis en place de manière continue

Dès l'année universitaire 2012-2013, un enseignement innovant de la pédiatrie d'urgence destiné aux DCEM 3 a été mis en place, associant la visualisation d'un film pédagogique sur l'arrêt cardiaque de l'enfant, et la participation à 3 ateliers pratiques de simulation.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'apport de cette innovation pédagogique.

### **OBJECTIF**

---

Evaluer l'efficacité d'un programme d'enseignement innovant associant film pédagogique et ateliers de simulation pour la formation à l'arrêt cardiaque de l'enfant des DCEM3.

### **I L'enseignement « ancienne formule »**

---

Jusqu'à la promotion de DCEM3 2011-2012, les étudiants recevaient un enseignement sur l'arrêt cardiaque de l'enfant en deux temps :

- Un premier temps pratique sur mannequins standards, de type « Basic Life Support », en deuxième année du premier cycle des études médicales, comprenant un temps dédié à la pédiatrie.
- Un second temps théorique en amphithéâtre en DCEM3, dans le cadre du stage intégré de pédiatrie.

### **II L'enseignement « nouvelle formule »**

---

Le premier temps de l'enseignement dispensé en deuxième année du deuxième cycle des études médicales n'est pas modifié.

En DCEM3 en revanche, un nouvel enseignement est instauré chaque trimestre à partir de décembre 2012 et comprend 3 temps :

- Un premier temps correspondant à la projection d'un film pédagogique sur l'arrêt cardiaque de l'enfant, en amphithéâtre.
- Un second temps correspondant à la seconde visualisation du film par l'étudiant, à domicile, dans la semaine précédant les ateliers.
- Un troisième temps correspondant aux ateliers pratiques, comprenant trois ateliers dont l'un fait intervenir un simulateur haute-fidélité « pleine échelle ».

#### **2.1 Le film pédagogique**

A partir de la conférence de consensus 2010 de l'European Respiratory Council<sup>52</sup>, cinq pédiatres dont deux urgentistes et un réanimateur de la faculté de médecine Pierre et Marie Curie (FMPMC) ont écrit le scénario d'un film pédagogique à destination des étudiants, portant sur le diagnostic et la prise en charge de l'arrêt cardiaque de l'enfant.

Ce film de 23 minutes comprend 3 parties :

- La première partie est une fiction non commentée d'un arrêt cardiaque chez un enfant de moins d'un an.

- La seconde partie est un film pédagogique reprenant de manière didactique les différentes étapes à effectuer pour reconnaître l'arrêt cardiaque et débiter efficacement la réanimation.

- La troisième partie reprend ces différentes étapes dans la chaîne de survie internationale.

Ce film a été validé par les enseignants pédiatres de la FMPMC, Université Paris 6, ainsi que la Société Française de Pédiatrie.

Le film est en libre accès sur internet via la vidéothèque de l'université (<http://video.upmc.fr>), la plateforme iTunes U, le site YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=22W5HDqCB6A>). Des sous-titres sont disponibles en anglais, en espagnol et en portugais si nécessaire.

Au 1<sup>er</sup> août 2014, il comptabilise 26944 vues sur YouTube.

Le premier temps de l'enseignement « nouvelle formule » en DCEM3 correspond à la projection de ce film en amphithéâtre. Cette projection est encadrée par deux tests de connaissances sous la forme de questionnaire à choix multiples. Le premier test permet à l'étudiant d'identifier ses lacunes et d'orienter ainsi son apprentissage. Le second test objective sa progression, source de motivation. A l'issue de la projection, les étudiants peuvent poser leurs questions aux deux enseignants pédiatres présents. La durée totale de cette séance est d'une heure.

Une semaine avant l'enseignement par atelier, les étudiants reçoivent un e-mail leur demandant de revoir le film de manière autonome, afin d'être plus efficace lors des ateliers. C'est le second temps de l'enseignement.

## **2.2 Les ateliers pratiques**

Le troisième temps comprend trois ateliers pratiques d'une durée d'une heure chacun, réalisés successivement sur une après-midi. Trois groupes de 9 étudiants tournent entre les différents ateliers.

Le premier atelier a pour but de reconnaître et savoir prendre en charge une détresse respiratoire de l'enfant. Le second atelier permet de revoir le « Basic Life Support » et de l'exécuter en binôme sur des mannequins standards.

Le troisième atelier fait intervenir le simulateur haute-fidélité « SimBaby » de Laerdal. Trois scénarios de gravité croissante sont proposés aux étudiants qui passent par groupes de trois. Un enseignant « facilitateur » joue le rôle de parent pendant que l'autre enseignant pilote le mannequin et enregistre les actions des étudiants. Chaque scénario dure environ 9 minutes, et est suivi par un debriefing avec l'ensemble du groupe d'une dizaine de minutes.

L'enseignement par atelier est dispensé par des pédiatres (chefs de clinique-assistants, maîtres de conférence des universités-praticiens hospitalier, praticiens hospitaliers) et une infirmière anesthésiste de la faculté de médecine et/ou de l'hôpital Armand-Trousseau. Un livret instructeur était remis aux enseignants avant les ateliers. Chaque enseignant réalise au minimum deux demi-journées au cours desquelles il anime le même atelier à trois reprises. Lors de la première demi-journée, l'enseignant « naïf » est encadré par un enseignant « instructeur ». Lors de la demi-journée suivante, il devient enseignant « instructeur » encadrant un enseignant « naïf ». La formation est ainsi assurée par rotation successive des enseignants.

### III Evaluation de l'enseignement nouvelle formule

#### 3.1 Le modèle d'évaluation de Kirkpatrick

L'évaluation de cette nouvelle méthode d'enseignement s'est basée sur les recommandations du *Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé*, édité par la HAS en janvier 2013.

Ce guide recommande, lorsque l'évaluation du programme de simulation concerne son impact sur les apprenants, de se référer au modèle d'évaluation de Donald Kirkpatrick<sup>61</sup>.

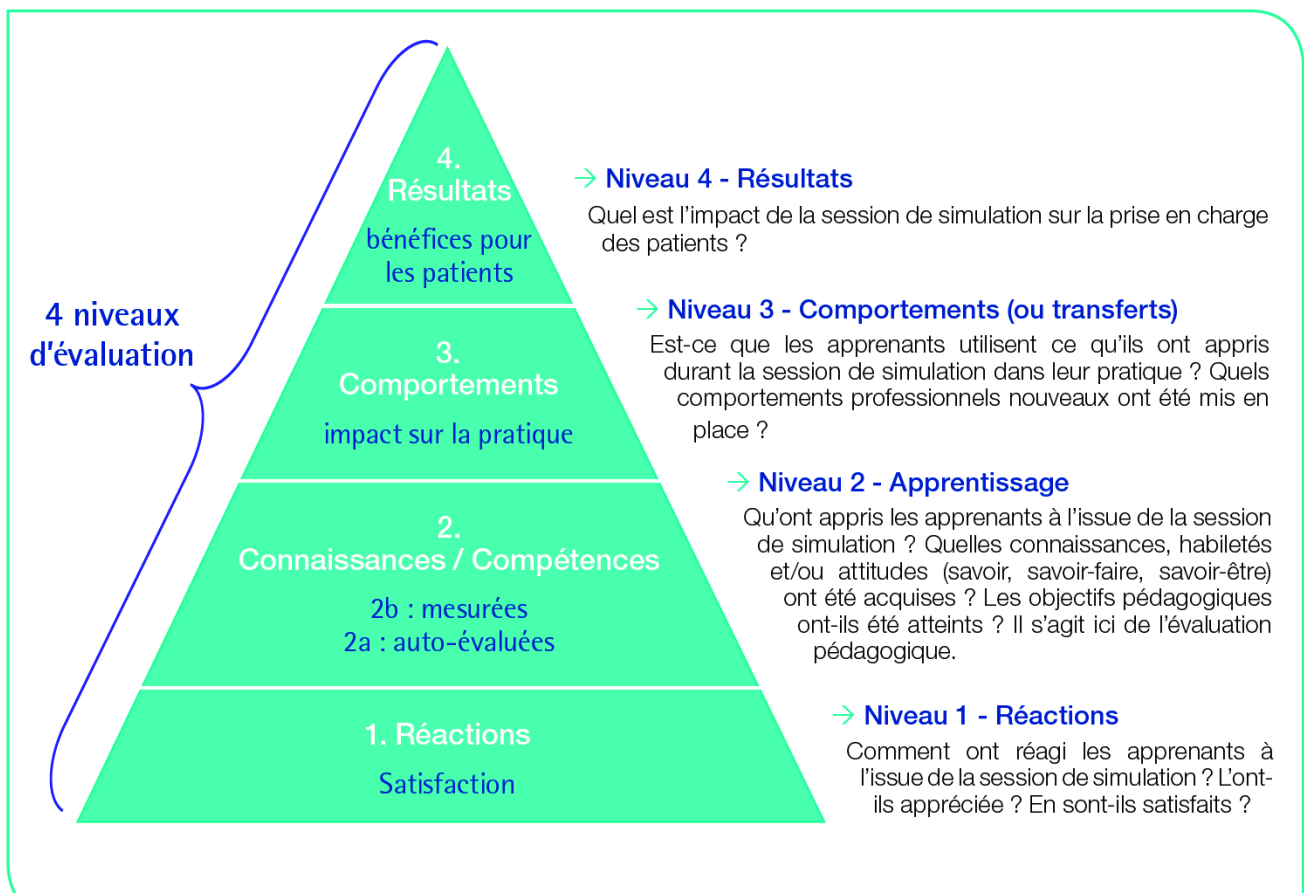


Figure 1 : modèle d'évaluation modifié de Kirkpatrick (D'après<sup>30</sup>)

Le premier niveau concerne la satisfaction des apprenants. Plusieurs aspects de la session d'enseignement sont soumis à l'appréciation des apprenants : objectifs, contenus, organisation, formateurs, ambiance générale, etc.

Le second niveau mesure l'apprentissage des apprenants. Les connaissances et compétences acquises à l'issue de la session d'enseignement sont recueillies soit par auto-évaluation (niveau 2a), soit mesurées (niveau 2b). Une revue récente<sup>62</sup> propose d'ajouter le niveau 2c, qui correspond aux connaissances et compétences restantes après une période de temps donnée suivant l'enseignement.

Le troisième niveau évalue les changements comportementaux. Il s'agit de vérifier que les connaissances et compétences acquises lors de l'enseignement sont appliquées en pratique professionnelle. Cette mesure s'effectue généralement par questionnaire ou entretiens.

Le quatrième niveau mesure l'impact de la session d'enseignement sur la prise en charge des patients, et les bénéfices que le patient en retire.

Au cours de notre travail, nous avons pu étudier l'efficacité de la nouvelle formule d'enseignement aux niveaux suivants :

- Niveau 1 : satisfaction
- Niveau 2 : apprentissage
  - Niveau 2a
  - Niveau 2b
  - Niveau 2c

### **3.2 Evaluation de la satisfaction (Niveau 1)**

L'évaluation de la satisfaction des apprenants a concerné la promotion DCEM3 2012-2013.

A l'issue des 3 sessions d'enseignement (décembre 2012, avril 2013, juin 2013), les étudiants recevaient par email un lien les invitant à répondre à une enquête de satisfaction sous la forme d'un formulaire Google. Un suivi des réponses était réalisé au troisième jour et au sixième jour des enseignements par ateliers. Si le taux de réponse était inférieur à 50 % à ces différents temps, une relance était effectuée par email. L'enquête était fermée 7 jours après le dernier atelier.

Ce questionnaire de satisfaction comprenait les points suivants :

- Satisfaction du film pédagogique (Réponses à choix multiples):

- Utilité pour la compréhension de la prise en charge de l'arrêt cardiaque
- Utilité pour la compréhension des spécificités pédiatriques de cette prise en charge
- Intérêt du film pédagogique par rapport à un support de cours classique
- Intérêt du film pédagogique pour assimiler plus rapidement les points importants.

- Satisfaction des ateliers, notés entre 1 (inutile) et 10 (indispensable)

- Satisfaction pour l'atelier reconnaissance et prise en charge d'une détresse respiratoire de l'enfant
- Satisfaction pour l'atelier « Basic Life Support »
- Satisfaction pour l'atelier Simulation

- Spécifiquement pour l'atelier simulation (Réponses à choix multiples) :

- Utilité pour la pratique future
- Intérêt à renouveler l'expérience
- Stress induit par l'atelier
- Gêne induite par le regard des autres

- Satisfaction de l'organisation de l'enseignement, noté de 1 (insatisfait) à 10 (très satisfait)

- Utilité de l'enseignement pour les épreuves classantes nationales, noté entre 1 (inutile) et 10 (très utile).

- Utilité de l'enseignement pour la pratique future, noté entre 1 (inutile) et 10 (très utile).

L'enseignement ou l'atelier étaient jugés utiles si l'étudiant avait noté 7 ou plus sur l'échelle de 1 à 10.

Dans le cadre d'une surveillance de la qualité de l'enseignement, ce même questionnaire a été proposé aux sessions d'octobre 2013, janvier 2014 et mars 2014 de la promotion de DCEM3 2013-2014.



### **3.3 Evaluation des connaissances, mesurée (Niveau 2b)**

Un test comportant 10 questions avec réponses à choix multiples, couvrant les étapes clés de l'algorithme de la prise en charge de l'arrêt cardiaque de l'enfant, était rempli par les étudiants à 3 reprises :

- Une première fois en amphithéâtre avant la projection du film
- Une seconde fois en amphithéâtre après la projection du film
- Une troisième fois en salle de travaux dirigés à l'issue des 3 ateliers

Ces questionnaires sont proposés en temps limité (60 secondes par question) sous la supervision d'un enseignant. Le questionnaire proposé est anonyme, mais les étudiants peuvent s'ils le souhaitent reporter sur leur feuille de réponse leur numéro d'étudiant afin d'être tenu au courant de leurs résultats.

Cette évaluation a concerné la promotion 2012-2013 des étudiants de DCEM3.

Afin de distinguer les connaissances apportées par le film, les ateliers, et l'ensemble de l'enseignement, ce même test a été soumis aux étudiants du groupe de juin 2014 qui ont accepté de participer à l'évaluation des compétences décrite au paragraphe 3.6.

### **3.4 Evaluation des connaissances, à distance (Niveau 2c)**

Pour connaître la portée de l'enseignement dans le temps, le test de connaissance décrit au paragraphe précédent a été à nouveau soumis à la promotion 2012-2013 de DCEM 3 en décembre 2013, alors qu'ils étaient en DCEM4. Le délai après l'enseignement était de 6 mois (pour ceux qui avaient eu les ateliers en juin 2013) à 1 an (pour ceux qui avaient eu les ateliers en décembre 2012).

Ce même questionnaire a été réalisé chez les DCEM 4 de la promotion 2012-2013, en décembre 2012, afin de constituer un groupe contrôle qui n'avait pas reçu la nouvelle formule d'enseignement.

### **3.5 Evaluation des compétences, autoévaluées (Niveau 2a)**

Cette auto-évaluation des compétences a concerné la promotion 2013-2014 des étudiants de DCEM3, à l'exception du groupe de juin 2014 qui participait à une autre étude décrite au paragraphe 3.6.

Elle était remplie par les étudiants grâce à un formulaire Google envoyé par e-mail à l'issue des ateliers pratiques, selon les mêmes modalités que pour le questionnaire de satisfaction proposé en 2012-2013 (cf. paragraphe 3.2).

Cette évaluation comprenait les points suivants :

- Sentiment de progression à l'issue de l'enseignement
- Auto-évaluation de la capacité à évaluer seul(e) une détresse respiratoire de l'enfant, notée de 0 (incapable) à 10 (autonome), avant et après l'enseignement.
- Auto-évaluation de la capacité à prendre en charge seul(e) une détresse respiratoire de l'enfant, notée de 0 (incapable) à 10 (autonome), avant et après l'enseignement.
- Auto-évaluation de la capacité à prendre en charge seul(e) un arrêt cardiaque de l'enfant, notée de 0 (incapable) à 10 (autonome), avant et après l'enseignement.

### **3.6 Evaluation des compétences, mesurée (Niveau 2b)**

#### **3.6.1 Population**

L'évaluation des compétences des apprenants par les enseignants a porté sur les étudiants ayant reçu l'enseignement en juin 2014.

Ces étudiants ont été répartis en quatre groupes :

- Un groupe « contrôle », qui a été évalué avant toute intervention.
- Un groupe « film », qui a été évalué un mois après le visionnage du film en amphithéâtre, et qui n'avait pas assisté aux ateliers pratiques.
- Un groupe « atelier », qui a été évalué le lendemain des ateliers pratiques, et qui n'avait pas vu le film pédagogique.
- Un groupe « complet », qui a suivi l'enseignement de façon habituelle, associant film et ateliers, et qui a été évalué au lendemain des ateliers pratiques.

Les étudiants ont été joints par mail et ceux qui ont accepté de participer ont donné leur consentement écrit.

Afin de vérifier la comparabilité des groupes, un questionnaire était envoyé par email aux étudiants en vue de connaître leurs précédentes formations et expériences en réanimation cardio-respiratoire, et un test de connaissance a été soumis aux groupes « atelier », « film », et « complet ».

Tous les étudiants ont bénéficié avant l'évaluation d'une présentation du mannequin haute-fidélité, comprenant les différents signes cliniques observables, les paramètres affichés sur le scope, le matériel à disposition.

### **3.6.2 Déroulement de l'évaluation**

L'évaluation des compétences correspondait à une mise en situation clinique avec le simulateur haute-fidélité « pleine échelle ».

Dans un premier temps, il était demandé à l'externe de lire dans une pièce isolée le dossier d'un enfant factice de 8 mois, hospitalisé la veille au soir dans le service de l'étudiant hospitalier depuis les urgences pour une bronchiolite sévère. Le dossier comprenait le compte rendu des urgences (histoire de la maladie, examen clinique, examens complémentaires et décision d'hospitalisation) d'une part, et les prescriptions pour la nuit d'autre part. Dans le scénario, l'enfant recevait 2L/min d'oxygène aux lunettes et était perfusé. Ce premier temps durait 10 minutes.

Au cours du second temps qui fait intervenir le simulateur haute-fidélité, l'un des enseignants qui jouait le rôle de l'interne demandait à l'étudiant hospitalier d'aller faire l'observation d'entrée de cet enfant, en précisant que les parents n'avaient pas passé la nuit avec l'enfant et n'étaient pas arrivés.

L'entrée de l'étudiant dans la chambre définissait le temps T0. A son arrivée, l'alarme du scope sonnait et affichait une fréquence cardiaque à 30/min, une saturation, une pression artérielle et une fréquence respiratoire imprégnables. Le mannequin n'avait aucun mouvement, les yeux fermés et n'émettait aucun son. Il présentait une cyanose des lèvres, aucun mouvement respiratoire à l'exception de quelques gasps, et pas de pouls perceptible.

Il était attendu de l'étudiant hospitalier qu'il initie les étapes du basic life support :

- Vérifier que l'enfant est conscient
- Appeler à l'aide
- Libérer les voies aériennes
- Ecouter, voir, sentir
- Débuter les insufflations avec l'ambu
- Débuter les compressions avec alternance 15 compressions/2 ventilations.

Pendant toute la durée de l'évaluation, l'étudiant restait seul. Un enregistrement vidéo de l'évaluation débutait au temps 0 par une webcam placée en tête de lit et une seconde caméra placée en pied de lit. La durée minimale d'enregistrement était de 2 minutes et 30 secondes, lorsque toutes les actions avaient été entreprises. Sinon, l'enregistrement pouvait se poursuivre jusqu'à 5 minutes.

A l'issue de l'évaluation, un rapide débriefing avait lieu avec l'étudiant.

Cette évaluation se tenait en matinée, et nécessitait que les étudiants hospitaliers quittent leurs services. Afin de ne pas perturber le bon fonctionnement des services, chaque étudiant ayant accepté de participer à l'étude avait reçu un horaire de passage pour l'évaluation. La durée totale de mobilisation de l'étudiant n'était finalement que de 30 minutes se découpant de la manière suivante :

- 10 minutes de trajet entre le service et le lieu d'évaluation, aller-retour
- 10 minutes de lecture du dossier de l'enfant factice
- 5 minutes de passage sur le mannequin haute-fidélité
- 5 minutes de débriefing avec les enseignants

### 3.6.3 Critères d'évaluation

Le critère d'évaluation principal était la note au score de compétence défini ci-dessous :

Tâche	0 point	1 point	2 points
Stimuler pour évaluer la conscience	Non réalisé	- Réalisé	Réalisé dans l'ordre (En premier)
Appeler de l'aide	Non réalisé	- Réalisé	Réalisé dans l'ordre (après avoir vérifié la conscience et avant d'ouvrir les voies aériennes)
Libérer les voies aériennes	Non réalisé	- Réalisé	Réalisé dans l'ordre (Après avoir appelé à l'aide et avant voir/écouter/sentir)
Voir/écouter/sentir	Non réalisé	- Réalisé	Réalisé dans l'ordre (Après avoir ouvert les voies aériennes, et avant les insufflations).
Insufflations	Non réalisées	+ 0.5 point si réalisé + 0.5 point si 5 insufflations initiales + 0.5 point si utilisation de l'ambu + 0.5 point si réalisé dans l'ordre (après voir/écouter/sentir et avant compressions).	
Compressions	Non réalisées	+ 0.5 point si réalisé + 0.5 point si positionnement correct + 0.5 point si rythme compris entre 100 et 120/min + 0.5 point si réalisé dans l'ordre (après ventilation)	
Rythme	Incorrect	- Alternance 15 compressions/2 ventilations	

*Tableau 2 : Score de compétence utilisé pour l'évaluation des compétences des étudiants hospitaliers*

Ce score, dérivé de l'article de Donoghue<sup>63</sup>, évalue différents aspects de l'enseignement :

- La réalisation des items de l'algorithme de prise en charge de l'arrêt cardiaque de l'enfant défini par l'European Respiratory Council en 2010.
- La réalisation en séquence de ces items.
- La réalisation technique des gestes (technique de compression, utilisation de l'ambu...).

Les critères d'évaluations secondaires étaient:

- Le score de compétence technique, sur 3, qui attribue 1 point pour chacune des actions suivantes :
  - Ventilation : efficacité définie par le soulèvement du thorax (1 point)
  - Compression : positionnement correct des mains (1 point)
  - Compression : rythme compris entre 100 et 120/min (1 point)
- Le score de séquence, sur 6, qui attribue 1 point pour chaque action réalisée en séquence :
  - Stimulation
  - Appel à l'aide
  - Libération des voies aériennes
  - Voir/Ecouter/Sentir
  - Ventilation
  - Compression
- Le temps écoulé entre T0 et la première insufflation.
- Le temps écoulé entre T0 et la première compression.
- La fraction de temps en no-flow, défini comme le temps total de no-flow (temps pendant lequel le mannequin ne recevait pas de compression thoracique) divisé par le temps total d'enregistrement vidéo.
- La fraction de temps sans ventilation, définie comme le temps pendant lequel le mannequin n'avait pas reçu une insufflation dans les 10 dernières secondes, divisé par le temps total d'enregistrement vidéo.
- La fraction de temps sans compression efficace, définie comme la durée totale d'enregistrement - le temps de flow x score d'efficacité des compressions thoraciques, divisée par le temps total d'enregistrement vidéo.
- La fraction de temps sans ventilation efficace, définie comme la durée totale d'enregistrement - le temps de ventilation x score d'efficacité de la ventilation, divisée par le temps total d'enregistrement vidéo.
- Le temps de RCP simultanée, défini comme le temps où le mannequin reçoit des compressions dans les 10 secondes suivant la dernière ventilation.

- Le temps total de « RCP parfaite », défini comme le temps où le mannequin reçoit de façon simultanée des compressions efficaces et une ventilation efficace. En d'autres termes, le temps pendant lequel des compressions efficaces sont données dans les 10 secondes suivant une ventilation efficace.

#### **3.6.4 Recueil des données pour l'évaluation**

Deux enseignants, l'un Maître de Conférence des Universités-Praticien Hospitalier (MCU-PH), et l'autre interne de pédiatrie, ont effectué le recueil de données.

Les enregistrements vidéo anonymisés ont été visionnés par les deux examinateurs de manière indépendante. Chacun notait sur un formulaire Google les différents items du score de compétence réalisés par l'étudiant. Les temps de la première insufflation et de la première compression étaient notés dans le même temps.

Après visionnage de chaque vidéo, l'un des examinateurs vérifiait la concordance des données. En cas de désaccord, la vidéo était visionnée à nouveau et discutée par les deux examinateurs afin qu'un consensus soit établi. En l'absence de consensus, les deux réponses étaient enregistrées et la moyenne des deux réponses était retenue pour l'analyse.

Concernant les temps de no-flow, sans ventilation, et les paramètres qui en découlent, le recueil des données a été effectué par l'interne de pédiatrie uniquement, toujours en aveugle, sur les trois premières minutes d'enregistrement.

#### **3.7 Evaluation des compétences, à distance (Niveau 2c)**

Pour mesurer les compétences persistantes à distance de l'enseignement, un groupe d'étudiants en DCEM 3 de la promotion 2013-2014 et ayant reçu l'enseignement en mars 2014 a été évalué selon les mêmes modalités que les 4 groupes déjà présentés, 2 mois après avoir suivi la totalité de l'enseignement nouvelle formule.

### **IV Analyse Statistique**

---

L'ensemble des résultats ont été collectés dans le tableur Libre Office Calc (LibreOffice 3.5.7.2). Les données ont été analysées à l'aide du logiciel GraphPad Prism version 5.03.

Dans le cadre des variables quantitatives continues, la vérification de la normalité des données a été effectuée à l'aide d'un test de Kolmogorov-Smirnov lorsque l'échantillon était supérieur à 50, et d'un test de Shapiro-Wilk lorsque l'échantillon était inférieur à 50.

Lorsque les données étaient distribuées selon une loi normale, les moyennes ont été comparées à l'aide d'un test t de Student, ou par une ANOVA lorsque plusieurs groupes étaient comparés. Si l'ANOVA retrouvait une différence significative entre les groupes, une correction post-test de type Bonferroni était appliquée afin de comparer les groupes deux à deux.

Lorsque les données n'étaient pas distribuées selon une loi normale, la médiane était donnée avec les 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartiles ; les résultats ont été présentés sous forme de diagrammes en boîte avec les extrêmes (2.5-97.5<sup>e</sup> percentile), et des tests non paramétriques étaient utilisés : le test de Mann-Whitney pour comparer deux échantillons, et un test de Kruskal-Wallis lorsque plus de 2 groupes étaient comparés. Si le test de Kruskal-Wallis était positif, une correction post-test de Dunn était appliquée afin de comparer les groupes dont les différences étaient importantes.

Enfin, les temps à la première insufflation et à la première compression ont été présentés sous la forme de courbe de survie de Kaplan-Meier, et un LogRank test était utilisé pour analyser les différences.



## RESULTATS

---

Au total, trois promotions de DCEM3 ont participé à l'évaluation de l'enseignement nouvelle formule. L'évaluation de la satisfaction a surtout concerné la promotion DCEM3 2012-2013, alors que l'évaluation des compétences a été réalisée par un groupe de la promotion DCEM3 2013-2014 (Figure 2).

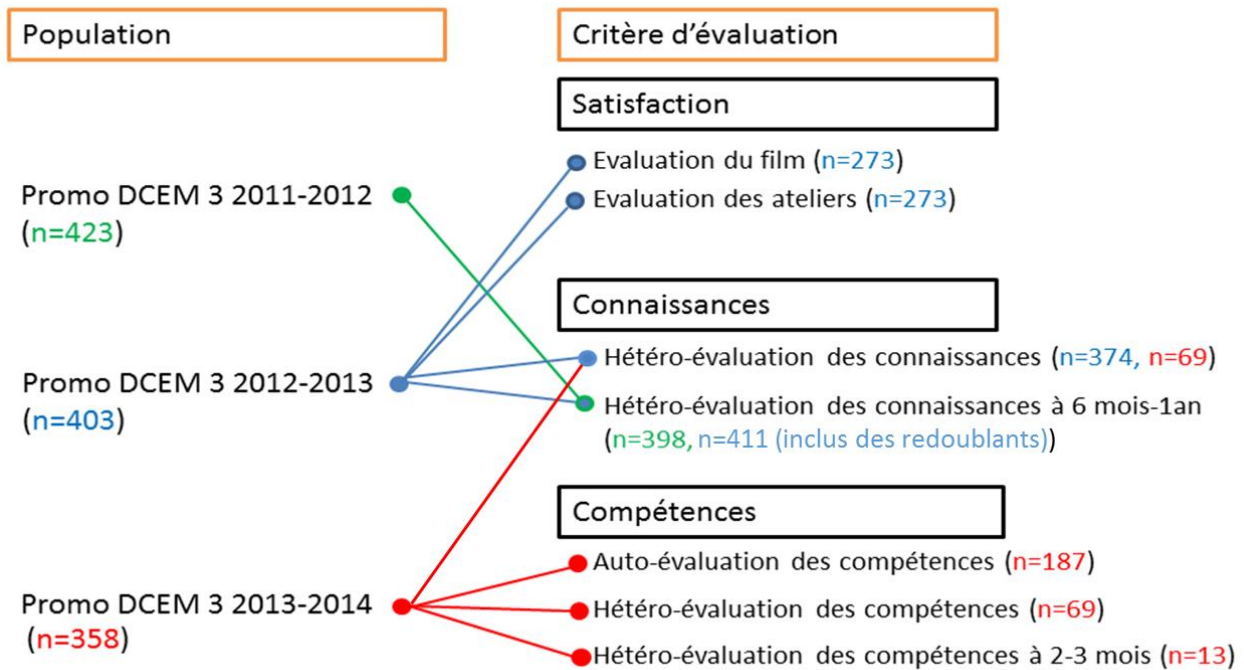


Figure 2 : Origine et nombre des participants en fonction des critères d'évaluation

## I Evaluation de la Satisfaction

---

### 1/ Population

Durant l'année universitaire 2012-2013, la promotion de DCEM3 était composée de 403 étudiants. 385 étudiants (95%) ont participé à l'enseignement obligatoire en ateliers.

273 de ces 385 étudiants (71%) ont répondu au questionnaire de satisfaction en ligne.

Durant l'année universitaire 2013-2014, la promotion de DCEM3 était composée de 358 étudiants. Sur les 3 premières sessions d'enseignements (octobre 2013, janvier et mars 2014), 257 étudiants sur 269 (96%) ont participé aux ateliers. 187 de ces 269 étudiants (70%) ont répondu au questionnaire de satisfaction en ligne.

## 2/ Le film « arrêt cardiaque de l'enfant » atteint ses objectifs

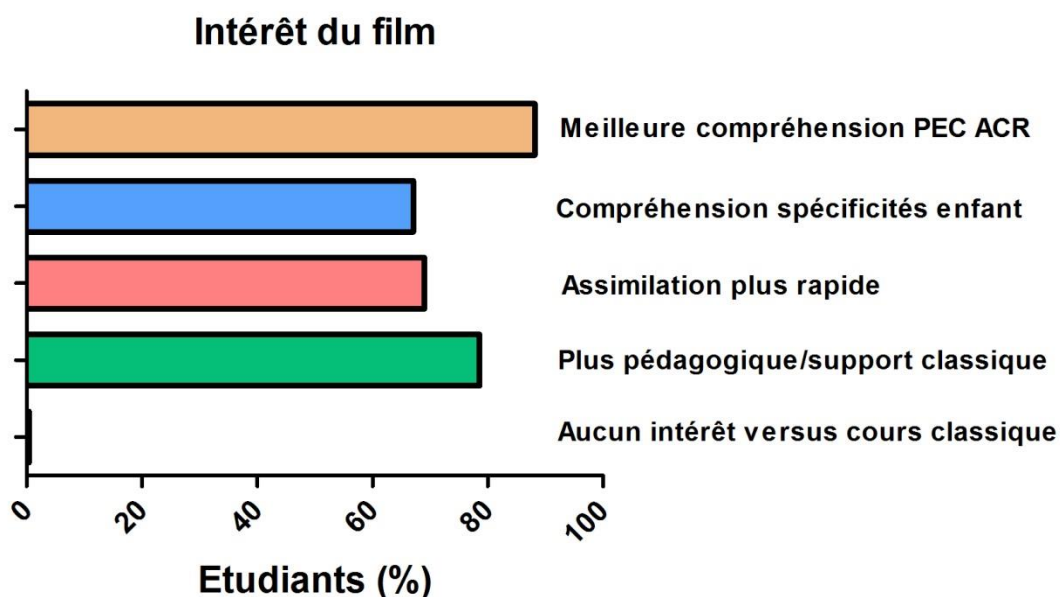


Figure 3 : Evaluation du film par les étudiants de la promotion 2012-2013 (n=273)

PEC : prise en charge ; ACR : Arrêt cardiorespiratoire

D'après les étudiants de DCEM3 de la promotion 2012-2013 qui a été la première à visionner ce film, le film sur l'arrêt cardiaque de l'enfant permet une meilleure compréhension de la prise en charge de l'arrêt cardiorespiratoire (88%), une meilleure identification des spécificités pédiatriques de cette prise en charge (67%), une assimilation plus rapide des points importants (69%).

79 % des étudiants jugent ce support plus pédagogique qu'un support classique (cours en amphithéâtre). Seul 1 étudiant (0.4%) juge que le film n'a aucun intérêt par rapport à un cours classique.

64 % des étudiants déclarent avoir revu le film avant les ateliers. En cas de non visualisation, la raison principalement évoquée était le manque de temps.

### 3/ Les étudiants jugent les ateliers utiles

Les étudiants ont noté les 3 ateliers quant à leur utilité de 0 (inutile) à 10 indispensable. Le nombre d'étudiants ayant noté 7 ou plus l'atelier est résumé dans le tableau ci-dessous :

	Promo 2012-2013 (n=273) n (%)	Promo 2013-2014 (n=187) n (%)
Atelier 1 : Détresse Respiratoire	226 (83)	145 (78)
Atelier 2 : Basic Life Support	253 (93)	163 (87)
Atelier 3 : Simulation	250 (92)	175 (94)

Tableau 3: Nombre d'étudiants ayant noté l'utilité de l'atelier à 7 ou plus

### 4/ La simulation sur mannequin haute-fidélité est plébiscitée

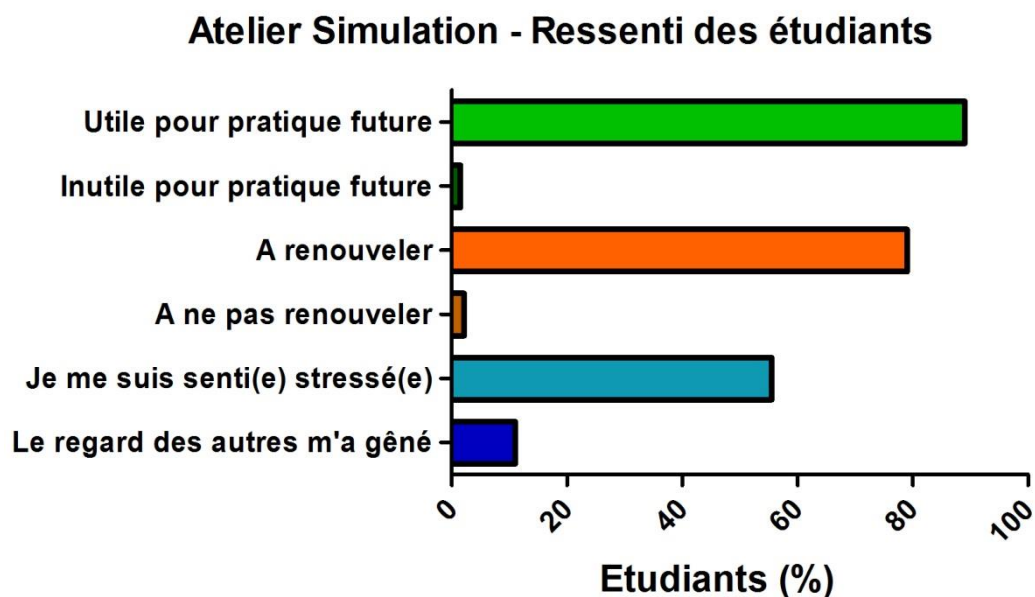


Figure 4 : Ressenti des étudiants au cours de l'atelier de simulation (n=273).

Plusieurs réponses possibles.

89 % des étudiants de la promotion 2012-2013 ont jugé la simulation sur mannequin haute-fidélité utile pour leur pratique future. 79 % aimeraient voir l'expérience renouvelée.

Durant les scénarios, 56 % des étudiants se sont sentis stressés, et 11 % ont été gênés par le regard ou le jugement de leurs pairs.

Les résultats sont semblables pour la promotion 2013-2014.

## 5/ Un enseignement utile à la fois pour les ECN et pour la pratique future

Les étudiants ont noté la nouvelle formule d'enseignement mise en place fin 2012, entre 0 (inutile) et 10 (indispensable). Ils ont jugé son utilité pour la préparation des items 183 et 193 des ECN (respectivement arrêt cardio-respiratoire et détresses respiratoires aiguës de l'enfant), son utilité pour la pratique future. Ils ont enfin donné leur sentiment quant à l'organisation de cet enseignement.

Le nombre d'étudiant ayant noté 7 ou plus à chacune de ces questions est repris dans le tableau ci-dessous.

	Promo 2012-2013 (n=273) n (%)	Promo 2013-2014 (n=187) n (%)
Utile pour les ECN	226 (83)	141 (75)
Utile pour la pratique future	249 (91)	179 (96)
Satisfaction organisation	250 (92)	171 (91)

*Tableau 4: Nombre d'étudiants ayant noté l'enseignement à 7 ou plus*

## II Evaluation des Connaissances

### A/ Connaissances Mesurées (Niveau 2b)

#### 1/ Population

385 (95%) des 403 étudiants en DCEM3 de la promotion 2012-2013 ont participé à l'enseignement obligatoire en ateliers. 374 d'entre eux (97%) ont complété les tests de connaissance comprenant 10 questions QCM soumis par les enseignants.

49 (73%) des 67 étudiants de la promotion de juin 2014 appartenant aux groupes « film », « atelier » et « complet » ont rempli le questionnaire.

#### 2/ Les connaissances des DCEM3 progressent

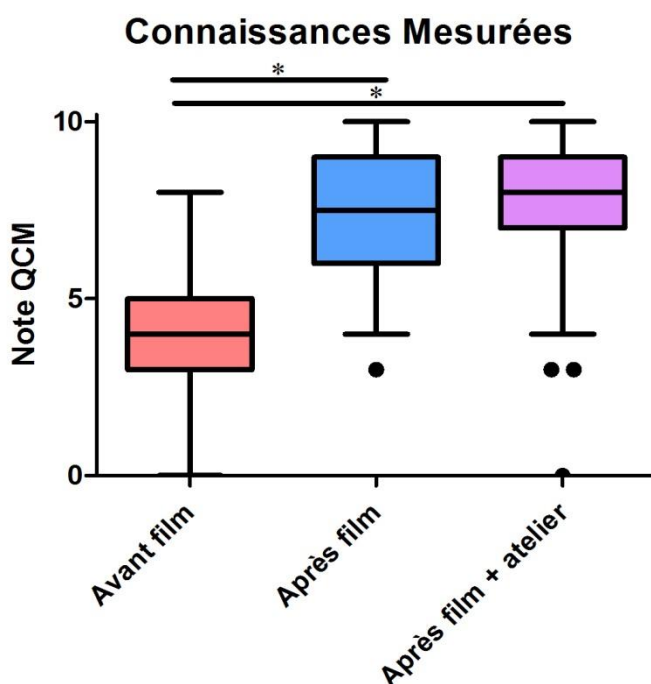


Figure 5 : Score des étudiants aux tests de connaissance avant et après enseignement. Les étudiants sont évalués avant visualisation du film, réévalué à la fin du film, et remplissent une dernière fois le questionnaire à l'issue de l'ensemble de l'enseignement (film + atelier) (n=374)

\* $p < 0,001$

Chaque test de connaissance est noté sur 10. La médiane des notes avant l'enseignement était de 4 (IQ<sub>1-3</sub>: 3-5), de 7,5 (IQ<sub>1-3</sub>: 6-9) juste après la visualisation du film, et de 8 (IQ<sub>1-3</sub>: 7-9) à l'issue de l'enseignement, à la fin des ateliers.

La différence est statistiquement significative ( $p < 0,001$ ) après film et film + atelier, en comparaison aux scores obtenus avant visualisation du film.

### 3/ L'association du film et des ateliers optimise l'apprentissage

Il nous a paru intéressant de déterminer si le film seul ou les ateliers seuls étaient la principale source de progression des étudiants. Les étudiants qui ont été répartis pour l'évaluation des compétences en 4 groupes (contrôle, film, atelier, complet) ont été évalués sur leurs connaissances avant et après intervention.

La médiane des notes au test de connaissance progresse de 3 (IQ<sub>1-3</sub>: 2-5), à 6 (IQ<sub>1-3</sub>: 6-7) après visualisation du film.

Elle progresse de 2 (IQ<sub>1-3</sub>: 1-5) à 7 (IQ<sub>1-3</sub>: 6-7) après les ateliers.

Enfin, elle progresse de 3 (IQ<sub>1-3</sub>: 1.5-4) à 7 (IQ<sub>1-3</sub>: 6,5-8,5) après film, et augmente à 8 (IQ<sub>1-3</sub>: 6-9) après la totalité de l'enseignement (Figure 6). L'association film et atelier semble permettre une meilleure acquisition des connaissances, mais cette augmentation n'est pas significative comparée aux résultats après film seul ou atelier seul.

Les différences avant et après enseignement sont en revanche toutes significatives ( $p < 0,01$ ).

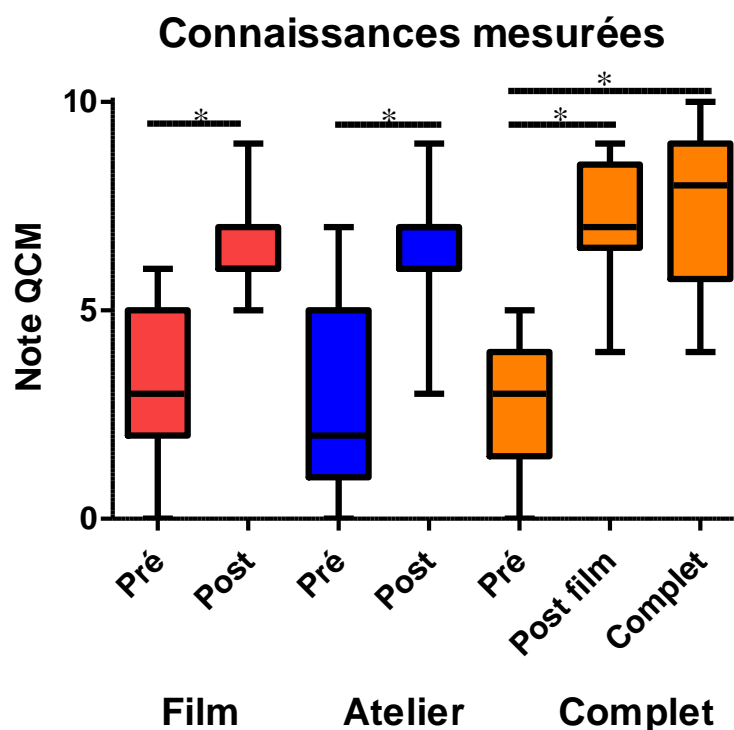


Figure 6 : Score des étudiants aux tests de connaissance en fonction de l'enseignement reçu

(Film  $n=16$ , Atelier  $n=20$ , Complet  $n=13$ )  $*p < 0,01$

## B/ Connaissances à Distance (Niveau 2c)

### 1/ Population

En décembre 2013, 411 (94 %) des 437 étudiants de DCEM4 2013-2014 étaient évalués avec le même test de connaissance, 6 à 12 mois après leur session d'enseignement de 2012-2013.

Le groupe contrôle consistait en la promotion de DCEM4 2012-2013, qui avait reçu l'enseignement « ancienne formule ». 398 (94%) des 423 étudiants de cette promotion ont rempli le test de connaissance en amphithéâtre.

### 2/ Meilleure rétention des connaissances grâce à l'enseignement « nouvelle formule »

La médiane des notes obtenues par les DCEM4 ayant bénéficié de l'enseignement « nouvelle formule », est de 6 (IQ<sub>1-3</sub>: 4-7). Ce résultat est significativement inférieur ( $p < 0,001$ ) aux résultats obtenus en fin d'enseignement.

Il est néanmoins significativement supérieur ( $p < 0,001$ ) aux notes obtenues par les DCEM4 de l'année précédente qui avait reçu l'enseignement en amphithéâtre, et dont la médiane était de 3 (IQ<sub>1-3</sub>: 2-4) (Figure 7).

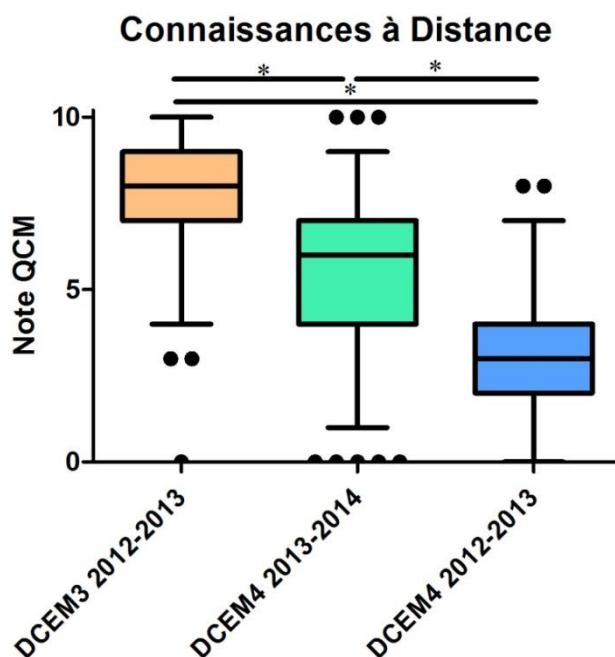


Figure 7 : Score des étudiants aux tests de connaissance à distance de l'enseignement.

Comparaison avec le groupe « contrôle » de DCEM4 2012-2013

(DCEM3 2012-2013,  $n=374$  ; DCEM4 2013-2014,  $n=411$  ; DCEM4 2012-2013,  $n=398$ )  $*p < 0,001$

### III Evaluation des Compétences

#### A/ Compétences autoévaluées (Niveau 2a)

##### 1/ Population

187 (70%) des 269 DCEM3 ayant participé aux ateliers entre octobre 2013 et mars 2014 ont répondu à l'auto-évaluation des compétences en ligne.

##### 2/ Les étudiants sentent qu'ils ont progressé

Sur une échelle de 1 (incapable) à 10 (autonome), les étudiants ont autoévalué leur capacité à prendre en charge, avant et après enseignement, les différentes situations vues en atelier.

Les résultats sont présentés dans la figure 8.

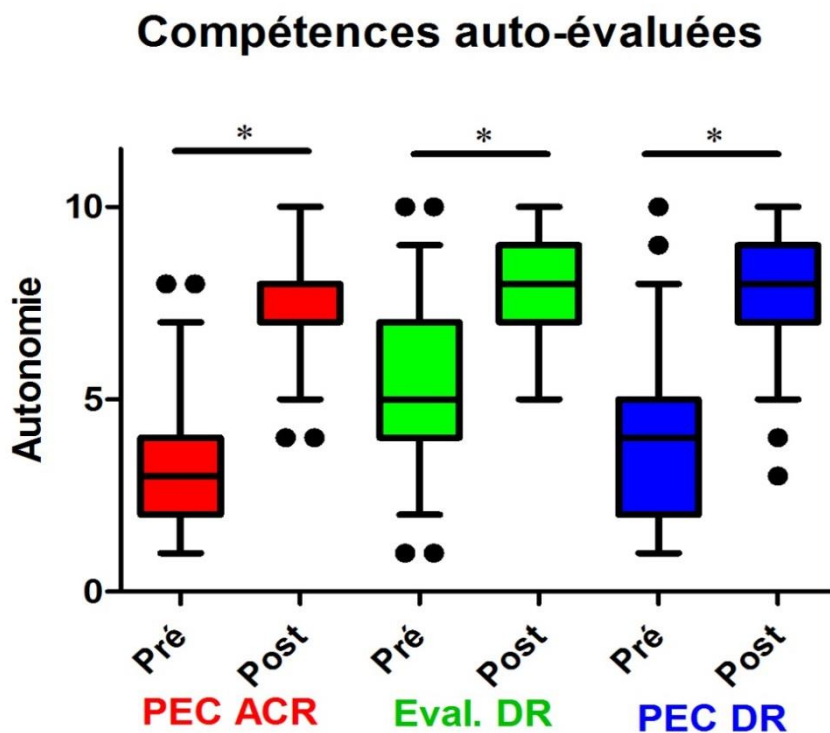


Figure 8 : Compétences autoévaluées par les étudiants.

PEC ACR : Prise en charge arrêt cardiorespiratoire de l'enfant. Eval. DR : Evaluation d'une détresse respiratoire de l'enfant. PEC DR : Prise en charge d'une détresse respiratoire de l'enfant.

(n=187) \*p<0,001

Concernant la prise en charge d'un arrêt cardiaque de l'enfant dont l'étudiant serait le témoin, la médiane des réponses était de 3 (IQ<sub>1-3</sub>: 2-4) avant l'enseignement et de 8 (IQ<sub>1-3</sub>: 7-8) après l'enseignement.



Concernant la capacité à reconnaître et à évaluer correctement les critères de gravité d'un enfant en détresse respiratoire, la médiane des réponses était de 5 (IQ<sub>1-3</sub>: 4-7) avant l'enseignement et de 8 (IQ<sub>1-3</sub>:7-9) après.

Concernant la capacité à initier et exécuter seul les premiers gestes face à un enfant en détresse respiratoire, la médiane des réponses était de 4 (IQ<sub>1-3</sub>: 2-5) avant l'enseignement et de 8 (IQ<sub>1-3</sub>:7-9) après.

Les différences de réponses avant et après enseignement sont toutes significatives (p<0,001).

## B/ Compétences mesurées (Niveau 2b)

### 1/ Population

89 étudiants en DCEM3 étaient attendus pour la session d'enseignement de juin 2014. Ils ont été répartis en 4 groupes (figure 9) :

- Un groupe contrôle de 22 étudiants
- Un groupe film de 22 étudiants
- Un groupe atelier de 23 étudiants
- Un groupe « complet » qui a eu la totalité de l'enseignement, de 22 étudiants.

Lorsqu'un étudiant, malgré 3 relances, ne répondait pas aux emails de participation à l'étude, il était exclu. Ce fut le cas de 13 étudiants. 4 autres étudiants ont refusé de participer à l'étude. 3 étudiants ont prévenu de leur absence les jours de l'évaluation.

2 étudiants du groupe «complet » ont prévenu qu'ils ne pourraient pas assister au film, mais qu'ils seraient présents aux ateliers. Ils ont été intégrés au groupe « atelier ».

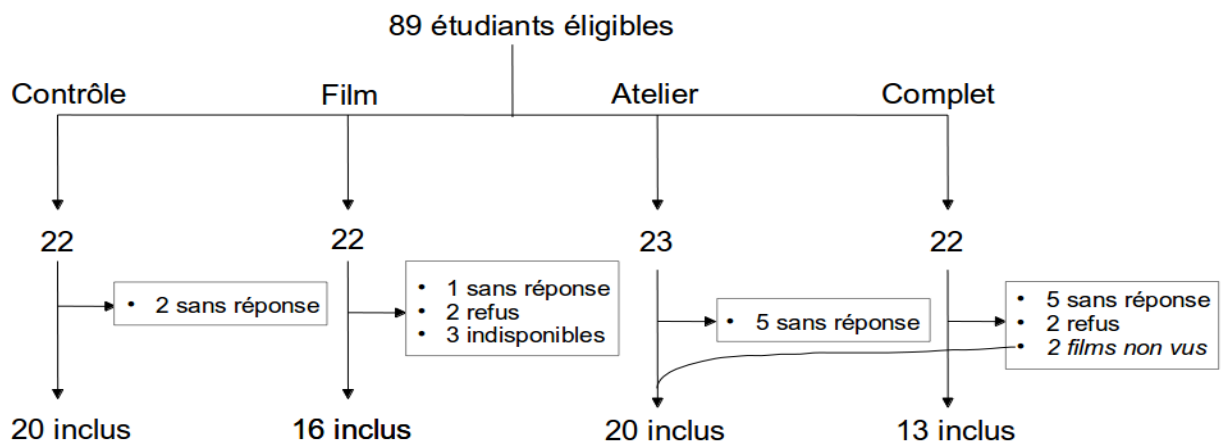


Figure 9 : « Flow Chart » des étudiants participant à l'évaluation des compétences

Les caractéristiques des étudiants inclus sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	Contrôle n (%)	Film n (%)	Atelier n (%)	Complet n (%)
Homme	6 (30)	5 (31)	6 (30)	4 (31)
Femme	14 (70)	11 (69)	14 (70)	9 (69)
Formation premiers secours avant études médicales	10 (50)	7 (44)	9 (45)	6 (46)
• AFPS/PSC1	10 (50)	7 (44)	9 (45)	6 (46)
• PSE1	0	0	0	0
• PSE2	0	0	0	0
Formation premiers secours pendant études médicales	6 (30)	7 (44)	8 (40)	5 (38)
• AFPS/PSC1	3 (15)	6 (38)	8 (40)	3 (23)
• PSE1	2 (10)	0	0	1 (8)
• PSE2	1 (5)	1 (6)	0	1 (8)
Utilisation préalable mannequin haute-fidélité	16 (80)	14 (88)	14 (70)	7 (54)
• Moins d'un an avant l'évaluation	7 (35)	5 (31)	5 (25)	1 (8)
• Plus d'un an avant l'évaluation	9 (45)	9 (56)	9 (45)	6 (46)
Atelier de simulation préalable pour l'ACR	18 (90)	15 (94)	17 (85)	11(85)
• Chez l'adulte seulement	15 (75)	10 (63)	15 (75)	6 (46)
• Chez l'enfant seulement	0	1 (6)	1 (5)	2 (15)
• Chez l'adulte et chez l'enfant	3 (15)	4 (25)	1 (5)	3 (23)
Témoin d'un ACR	17 (85)	11 (69)	15 (75)	4 (31)
• De l'adulte	17 (85)	11 (69)	15 (75)	4 (31)
• De l'enfant	1 (5)	0	0	0
Participation à la prise en charge d'un ACR	15 (75)	11 (69)	13 (65)	3 (23)
• De l'adulte	15 (75)	11 (69)	13 (65)	3 (23)
• De l'enfant	1 (5)	0	0	0
Test de connaissance avant intervention	Non réalisé	3 (2-4.5)	2 (1-5)	3 (2-4)

*Tableau 5 : Caractéristiques des étudiants à l'entrée dans l'étude*

*AFPS : attestation de formation aux premiers secours, PSC1 : prévention et secours civiques de niveau 1, PSE1 : premiers secours en équipe niveau 1, PSE2 : premiers secours en équipe niveau 2.  
a Médiane des notes sur 10*

La formation aux premiers secours des différents groupes n'est pas différente. En revanche, nous avons observé que les étudiants du groupe « complet » étaient moins nombreux à avoir suivi un enseignement sur mannequin haute-fidélité et à avoir été témoin d'un arrêt cardiorespiratoire, en comparaison aux trois autres groupes.

Les scores de compétence et de séquence ont pu être calculés pour tous les étudiants.

L'enregistrement vidéo n'a pas permis de statuer sur l'efficacité de la ventilation pour 11 étudiants (4 du groupe contrôle, 3 du groupe film, 6 du groupe atelier, 3 du groupe complet) : soit la ventilation n'avait pas été initiée, soit les cheveux de la participante masquait le thorax de l'enfant, soit le bouche-à-bouche avait été simulé.

D'autres étudiants ont été exclus du score technique car ils n'ont jamais initié les compressions, dont la technique n'a pas pu être évaluée (1 du groupe contrôle, 3 du groupe film, 6 du groupe atelier, 3 du groupe complet).

Le score technique n'a finalement été calculé que pour 16 étudiants du groupe contrôle, 11 étudiants du groupe film, 11 étudiants du groupe atelier, 9 étudiants du groupe « complet ».

Pour le calcul du pourcentage de temps sans ventilation efficace, 2 étudiants du groupe atelier et 2 étudiants du groupe complet ont été exclus de l'analyse car ils avaient initié la ventilation mais l'enregistrement vidéo ne permettait pas de statuer sur l'efficacité de leur ventilation.

Il en résulte que ces 4 étudiants ont également été exclus de l'analyse du temps de RCP simultanée et du temps de RCP parfaite.

## 2/ Les étudiants acquièrent un vrai savoir-faire

Les étudiants du groupe « complet » qui ont suivi le film et les ateliers pratiques, ont une moyenne de score de compétence de 7,5 (IC<sub>95 %</sub>: 5,4-9,6) significativement plus élevée que celle du groupe contrôle dont la médiane est de 4 (IC<sub>95 %</sub>: 3,2-4,8) ( $p < 0,01$ ). Les moyennes des groupes « film » (5,5, IC<sub>95 %</sub>: 4,2-6,8) et ateliers (6, (IC<sub>95 %</sub>: 4,6-7,4) sont meilleures que celle du groupe « contrôle », mais cette différence n'est pas significative.

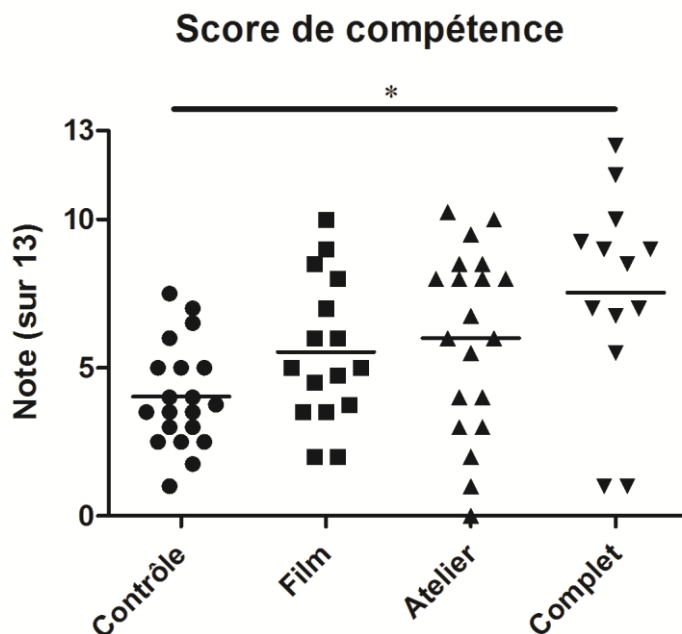


Figure 10 : Score de Compétence des Etudiants

(Contrôle  $n=20$ , film  $n=16$ , atelier  $n=20$ , complet  $n=13$ ) \*  $p < 0,01$

Lorsque l'on détaille le score, et que l'on s'intéresse au respect de la séquence de l'algorithme à l'aide du score de séquence noté sur 6, on observe une différence significative entre la médiane du score du groupe complet (2,  $IQ_{1-3}$ : 1,25-3,25) et celle du groupe contrôle (1,  $IQ_{1-3}$ : 0-1) ( $p < 0,05$ ). Cette fois encore, les médianes des groupes film (1,  $IQ_{1-3}$ : 0,125-2) et atelier (1,25,  $IQ_{1-3}$ : 0,25-2) ne sont pas significativement différentes de la médiane du groupe contrôle (figure 11).

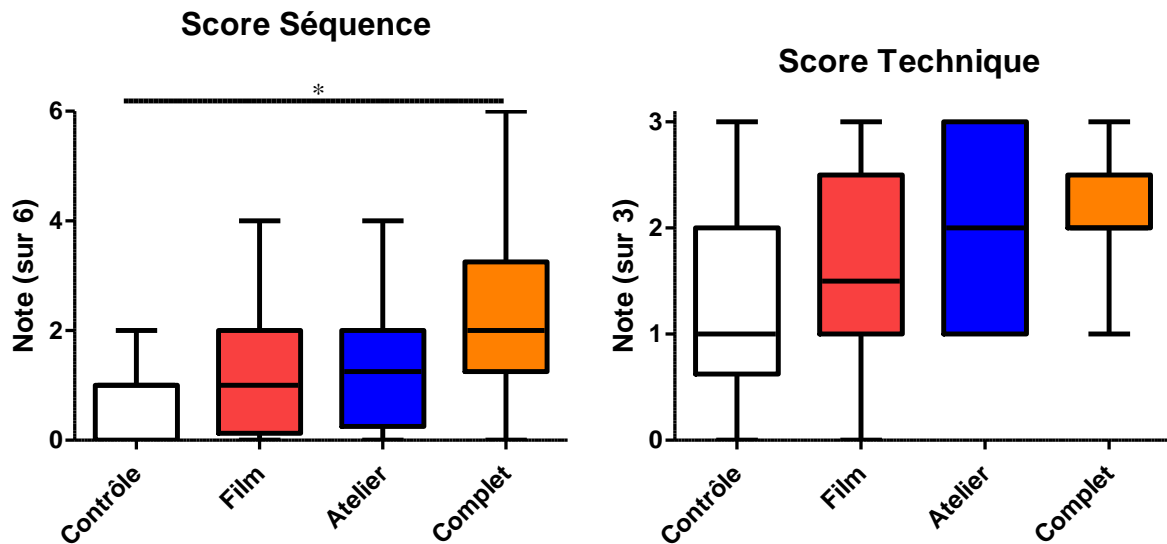


Figure 11 : Score de Séquence et de Technique selon l'enseignement reçu  
 (Score de séquence : contrôle n=20, film n=16, atelier n=20, complet n=13  
 Score technique : contrôle n=16, film n=11, atelier n=11, complet n=9)

Concernant la technique de réalisation des gestes (efficacité de la ventilation, positionnement des mains lors des compressions, rythme des compressions), la médiane du score technique est plus élevée dans les groupe complet (2,  $IQ_{1-3}$ : 2-2,5), film (1,5,  $IQ_{1-3}$ : 1-2,5), atelier (2,  $IQ_{1-3}$ : 1-3), que dans le groupe contrôle (1,  $IQ_{1-3}$ : 0,6-2) (figure 11). Les différences ne sont pas significatives. Ce score est surtout expliqué par la différence d'efficacité de la ventilation entre les groupes.

### 3/ La première insufflation et la première compression restent trop tardives

Les médianes du temps de la première insufflation et de la première compression par groupe sont reprises dans le tableau et les graphiques ci-dessous :

	Contrôle n=20	Film n=16	Atelier n=20	Complet n=13	p
Temps 1 <sup>ère</sup> insufflation (s)	76,5	106	93	86,5	0,69
Temps 1 <sup>ère</sup> compression (s)	56,75	117	133,5	108,5	<0,01

Tableau 6 : Temps écoulé jusqu'à la 1<sup>ère</sup> insufflation et la 1<sup>ère</sup> compression

Pour le temps à la première insufflation, les différences observées ne sont pas statistiquement significatives (figure 12).

En revanche, le temps à la première compression est significativement inférieur dans le groupe contrôle par rapport aux groupes film et atelier ( $p < 0,01$ ). La différence n'est pas significative entre les groupe contrôle et complet (figure 13).

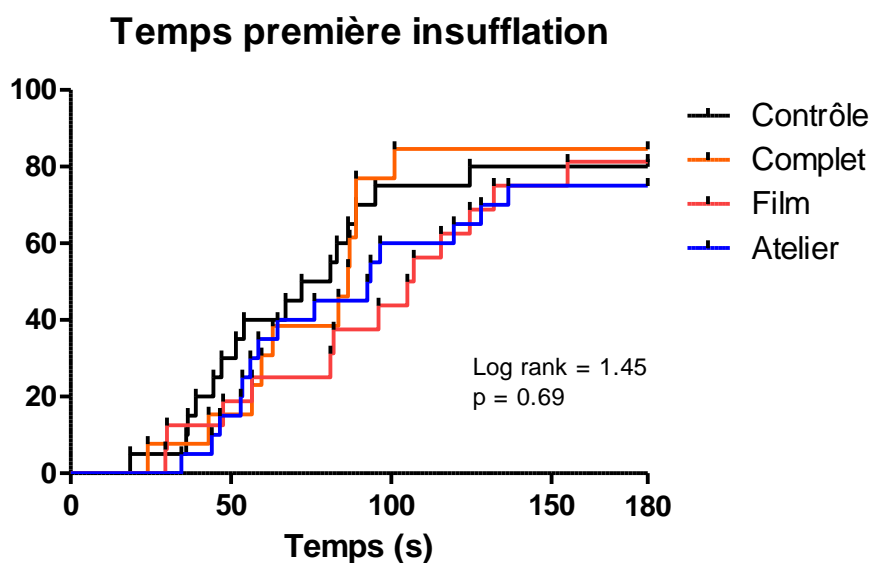
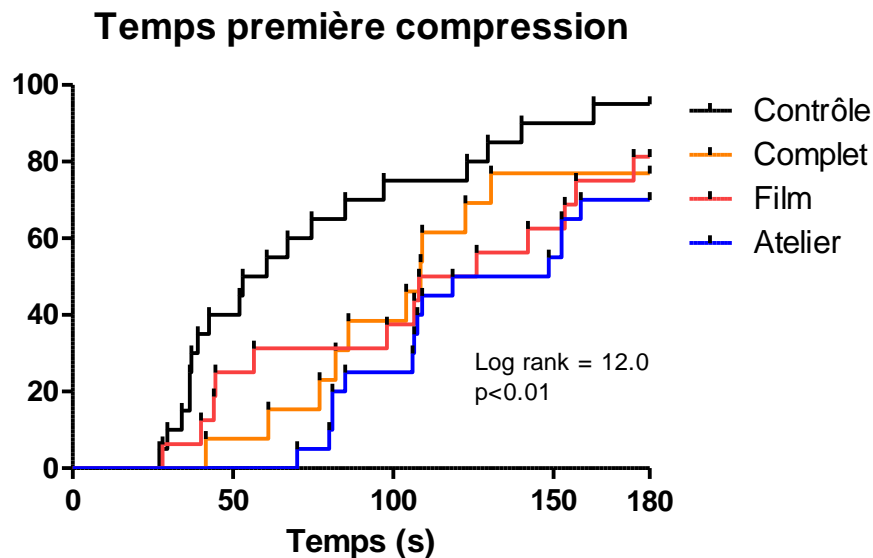


Figure 12 : Temps écoulé jusqu'à la première insufflation  
(Contrôle n=20, film n=16, atelier n=20, complet n=13)



*Figure 13 : Temps écoulé jusqu'à la première compression  
(Contrôle n=20, film n=16, atelier n=20, complet n=13)*

#### **4/ Le bénéfice reste faible du point de vue du patient**

La médiane des pourcentages de temps pendant lequel le mannequin n'a pas reçu de compression (temps en no-flow) est similaire entre les différents groupes, entre 77 et 85 % du temps. Elle augmente à 91-100 % du temps lorsqu'on étudie le temps sans compression efficace, sans différence significative entre les groupes (Tableau 7).

	Contrôle n = 20	Film n = 16	Atelier n = 20	Complet n = 13	p
Temps en no-flow (%)	77 (56-88)	82 (70-95)	85 (78-100)	82 (77-86)	0,16
Temps sans compression efficace (%)	94 (79-100)	95 (80-100)	100 (84-100)	91 (82-100)	0,09

*Tableau 7 : Fraction de temps sans compression (no-flow) et sans compression efficace*

*Les résultats sont exprimés en médiane (interquartiles 1-3)*

La médiane des pourcentages de temps pendant lequel le mannequin n'a pas reçu de ventilation depuis plus de 10 secondes est inférieure dans les groupes atelier et complet, 64 et 61% du temps respectivement, par rapport aux groupes contrôle et film, 73 et 74 % du temps respectivement.

Cette différence entre le groupe contrôle et le groupe complet devient significative lorsqu'on étudie le pourcentage de temps pendant lequel le mannequin n'était pas ventilé efficacement. Dans le groupe contrôle, la médiane est à 100 %, alors qu'elle n'est que de 64 % dans le groupe complet (Tableau 8).

Le pourcentage de temps en RCP simultanée (les compressions s'effectuent dans les 10 secondes suivant une ventilation) est plus important (15%) dans le groupe complet que dans le groupe contrôle (3%). De la même manière, pour le temps de RCP parfaite (temps pendant lequel le mannequin a reçu des compressions efficaces dans les 10 secondes suivant une ventilation efficace) la médiane du groupes complet (7%) est supérieure aux groupes contrôle et film (0%). Les différences ne sont pas significatives (Tableau 8).

	Contrôle n = 20	Film n = 16	Atelier n = 18	Complet n = 11	p
Temps sans ventilation (%)	73 (56-91)	74 (53-85)	68 (54-100)	59 (47-67)	0,28
Temps sans ventilation efficace (%)	100 (87-100)	84 (76-100)	73 (64-100)	64 (55-73)	<0,001
Temps de RCP simultanée (%)	3 (0-9)	0 (0-7)	1 (0-14)	9 (0-15)	0,9
Temps de RCP parfaite (%)	0 (0-2)	0 (0-5)	0.6 (0-12)	7 (0-11)	0,52

*Tableau 8 : fraction de temps sans ventilation et paramètres dérivés*

*Les résultats sont exprimés en médiane (interquartiles 1-3). RCP : Réanimation cardiopulmonaire*

## C/ Compétences à distance (Niveau 2c)

### 1/ Population

13 étudiants de DCEM3 de la promotion 2013-2014 ont été recrutés sur leur terrain de stage 3 mois après la visualisation du film en amphithéâtre et 2 mois après les ateliers pratiques.

### 2/ Les compétences se maintiennent 2 mois après l'enseignement

A 2 mois de l'enseignement, la moyenne des scores de compétence est de 6,9 (IC<sub>95 %</sub>: 5,9-7,9), contre 7,5 (IC<sub>95 %</sub>: 5,4-9,6) pour le groupe qui vient de terminer l'enseignement. La différence n'est pas statistiquement significative.

Cette moyenne à 6,9 est significativement supérieure ( $p < 0,01$ ) à celle du groupe contrôle (4, IC<sub>95 %</sub>: 3,2-4,8) (Figure 14).

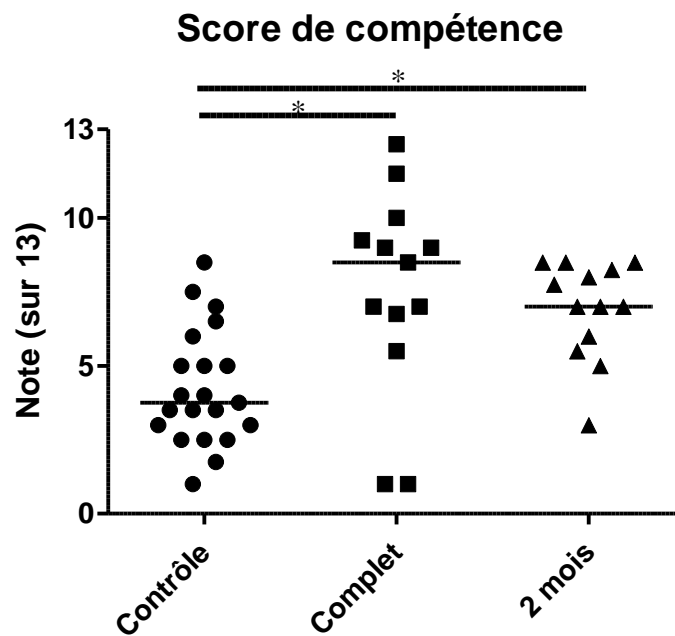


Figure 14 : Score de Compétence des Etudiants à 2 mois de l'Enseignement (Contrôle n=20, Complet n=13, 2 mois n=13) \* $p < 0,05$

La médiane du score de séquence est significativement supérieure ( $p < 0,05$ ) dans le groupe évalué à 2 mois par rapport au groupe contrôle : 2 (IQ<sub>1-3</sub>:1-2,25) versus 1 (IQ<sub>1-3</sub>: 0-1). Elle n'est pas significativement différente de la médiane du groupe complet : 2 (IQ<sub>1-3</sub>:1,25-3,25) (Figure 15).



La médiane du score technique est elle aussi significative supérieure ( $p < 0.01$ ) dans le groupe évalué à 2 mois par rapport au groupe contrôle : 2,75 (IQ<sub>1-3</sub>:1,5-3) versus 1 (IQ<sub>1-3</sub>:0,6-2). Là encore, elle n'est pas significativement différente de la médiane du groupe complet : 2 (IQ<sub>1-3</sub>:2-2,5) (Figure 15).

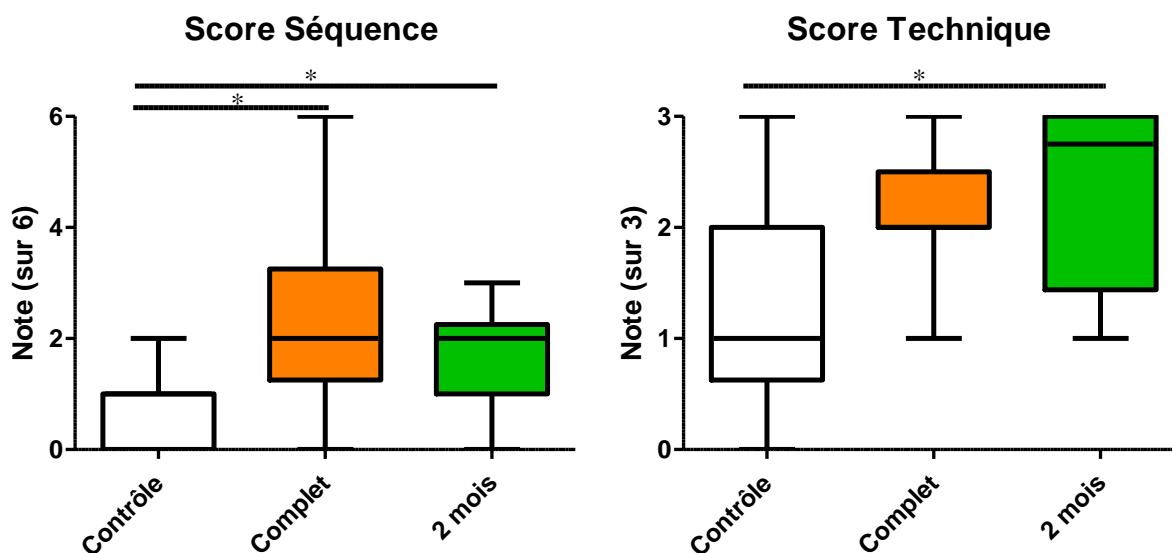


Figure 15 : Scores de Séquence et de Technique des Etudiants à 2 mois de l'Enseignement.

(Contrôle n=20, Complet n=13, 2 mois n=13) \* $p < 0.05$

### 3/ Les temps à la première insufflation et à la première compression restent similaires au groupe contrôle

Les médianes du temps de la première insufflation et de la première compression par groupe sont reprises ci-dessous :

	Contrôle n=20	Complet n=13	2 mois n=13	p
Temps 1 <sup>ère</sup> insufflation (s)	76,5	86,5	61,5	0,61
Temps 1 <sup>ère</sup> compression (s)	56,75	108,5	80,4	0,36

Tableau 9 : Temps écoulé jusqu'à la 1<sup>ère</sup> insufflation et la 1<sup>ère</sup> compression, à 2 mois de l'enseignement

Les différences de temps à la première insufflation et à la première compression ne sont pas significativement différentes entre les groupes contrôle, complet, et le groupe réévalué à 2 mois (figures 16 et 17).

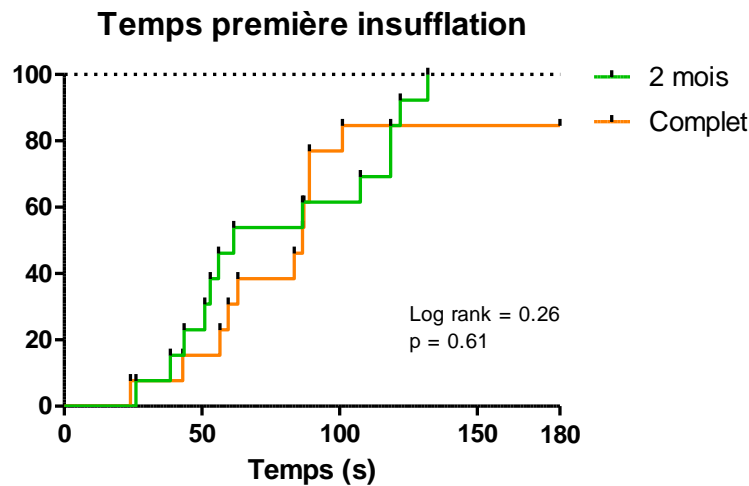


Figure 16 : Temps écoulé jusqu'à la première insufflation, juste après (complet) ou 2 mois après (2 mois) l'enseignement. (Complet n=13, 2 mois n=13)

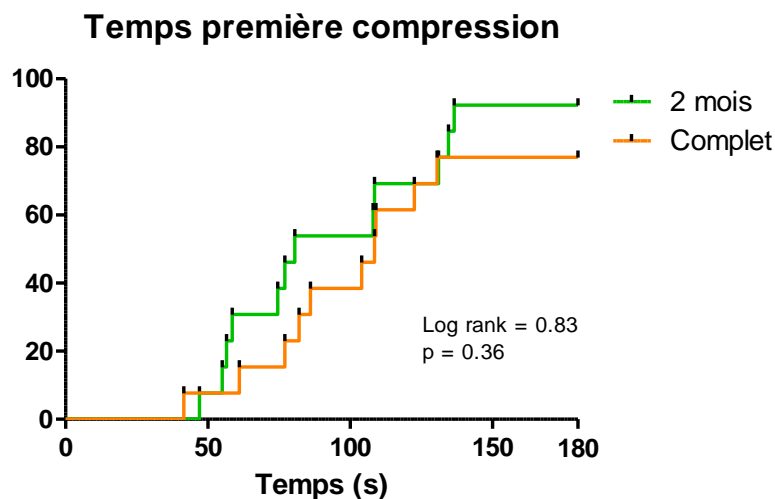


Figure 17 : Temps écoulé jusqu'à la première compression, juste après (complet) ou 2 mois après (2 mois) l'enseignement. (Complet n=13, 2 mois n=13)

#### 4/ Le bénéfice pour le patient est similaire avec le groupe qui vient de recevoir l'enseignement

Les résultats des pourcentages de temps en no-flow, sans ventilation, et les paramètres qui en découlent sont présentés dans les tableaux 10 et 11.

Le temps sans ventilation efficace reste significativement inférieur dans les groupes ayant reçu l'enseignement, qu'ils aient été évalués à l'issue de cet enseignement ou 2 mois plus tard, par rapport au groupe contrôle ( $p < 0.001$ ). Il n'y a pas de différence significative entre les groupes pour les autres paramètres.

	Contrôle n = 20	Complet n = 13	2 mois n = 13	p
Temps en no-flow (%)	77 (56-88)	82 (77-86)	81 (73-85)	0,22
Temps sans compression efficace (%)	94 (79-100)	91 (82-100)	82 (78-88)	0,13

*Tableau 10 : Fraction de temps sans compression (no-flow) et sans compression efficace, à 2 mois de l'enseignement*

*Les résultats sont exprimés en médiane (interquartiles 1-3)*

	Contrôle n = 20	Complet n = 11	2 mois n = 13	p
Temps sans ventilation (%)	73 (56-91)	59 (47-67)	67 (46-73)	0,14
Temps sans ventilation efficace (%)	100 (87-100)	64 (55-73)	67 (47-94)	< 0,001
Temps de RCP simultanée (%)	3 (0-9)	9 (0-14)	0 (0-11)	0,85
Temps de RCP parfaite (%)	0 (0-2)	7 (0-11)	0 (0-7)	0,40

*Tableau 11 : fraction de temps sans ventilation et paramètres dérivés à 2 mois de l'enseignement*

*Les résultats sont exprimés en médiane (interquartiles 1-3). RCP : Réanimation cardiopulmonaire*

### I Forces et faiblesses de ce travail

---

La principale force de ce travail est d'avoir réalisé une évaluation de cette nouvelle formule d'enseignement de la manière la plus exhaustive possible, conformément aux recommandations de la HAS<sup>30</sup>. Ainsi, l'évaluation a porté sur la satisfaction des étudiants, mais aussi sur leurs connaissances et leurs compétences. Pour ces deux derniers critères, nous avons mis en place une auto-évaluation, une hétéro-évaluation, et une évaluation à distance. Selon l'échelle de Kirkpatrick, nous avons donc évalué les niveaux 1, 2a, 2b, 2c.

L'évaluation des compétences a elle aussi été la plus exhaustive possible. Cette évaluation a concerné à la fois l'application du savoir et du savoir-faire acquis pendant l'enseignement à travers le score de compétence, mais également le bénéfice que pourrait en retirer un patient à travers les temps à la première insufflation, à la première compression, et surtout les fractions de temps en no-flow et sans ventilation.

Un second point fort concerne les conditions de l'évaluation des compétences. Conformément aux recommandations parues en 2014<sup>64</sup> sur les bonnes pratiques de recherche en simulation, les points suivants ont été respectés :

- Mise en situation réaliste : dossier Urqual des urgences, reconstitution d'une chambre d'hôpital, lit à barreau, mannequin haute-fidélité, matériel rangé dans le chariot de réanimation, ambu accroché en tête de lit... Tous les efforts ont été faits pour rendre la situation la plus réaliste possible.

- Scénario standardisé : tous les étudiants ont vécu la même situation, avec un enfant en arrêt cardio-respiratoire dès l'entrée de l'étudiant, en asystolie, qui ne devait pas récupérer un rythme spontané avant l'injection d'adrénaline qui devait faire intervenir une seconde personne. Or cette seconde personne n'arrivait qu'à l'issue du temps d'évaluation.

- Simulateur adapté : le mannequin haute-fidélité SimBaby de Laerdal était le simulateur le mieux adapté pour cette simulation. Il permettait à la fois le diagnostic de l'arrêt cardio-respiratoire (absence de motilité, de cri, de respiration, lèvres cyanosées, absence de pouls), et la mise en œuvre de la réanimation cardio-pulmonaire, avec ventilation et compressions. Le scope associé au mannequin permettait de donner des indications sur l'état de l'enfant de manière réaliste.

- Enregistrement vidéo : gold-standard de la recherche en simulation, l'enregistrement vidéo permet une relecture a posteriori des performances des étudiants, et de croiser les jugements de plusieurs examinateurs. Dans le cadre de cette évaluation, deux caméras, l'une webcam en tête de

lit, et une seconde haute-définition au pied du lit étaient en place pour évaluer au mieux les gestes des étudiants. Un enregistrement audio était associé et permettait essentiellement de déterminer lorsque l'étudiant appelait à l'aide.

On pourrait ajouter dans le cadre de l'évaluation des compétences les forces suivantes:

- Poursuite de l'enseignement : l'évaluation des compétences de chaque étudiant a été l'occasion d'un rapide débriefing pour la majorité d'entre eux, et donc de progression. Deux étudiantes dont le score de compétence était inférieur à 1 après le film et les ateliers ont accepté à notre demande de recommencer la mise en situation accompagnées par un instructeur, hors cadre de l'évaluation, pour acquérir finalement les bons réflexes.

- Optimisation du temps de l'étudiant : les évaluations s'étant tenues en matinée, il était important pour nous de ne pas éloigner l'étudiant trop longtemps de son terrain de stage. Nous avons réussi grâce à l'envoi d'un horaire personnalisé pour chaque étudiant, à ne pas les mobiliser plus de 30 minutes entre le moment où ils quittaient et le moment où ils regagnaient leur stage.

Le troisième point fort concerne le nombre d'étudiants évalués.

En ajoutant les promotions de 2012-2013 et 2013-2014, ce sont 460 étudiants qui ont répondu au questionnaire de satisfaction et à l'auto-évaluation des connaissances, soit 70 % des étudiants. Pour un questionnaire envoyé par email et qui n'a été suivi que d'une relance, ce taux est satisfaisant.

Pour l'hétéro-évaluation des connaissances, ce sont 374 étudiants de la promotion 2012-2013 qui ont complété ces tests. Ces tests nécessitant la mobilisation des différents enseignants au cours des ateliers, le taux de remplissage qui dépasse 90 % est excellent.

Enfin, l'évaluation des compétences a mobilisé 69 étudiants de la promotion 2013-2014. Le temps demandé par les mises en situation et leur évaluation est évidemment bien supérieur à celui requis pour les tests de satisfaction et de connaissances. Nous avons donc choisi de nous concentrer sur un groupe de 89 étudiants hospitaliers dont les ateliers se tenaient en juin 2014. 69 ont pu être finalement évalués. Dans le cadre de la simulation en pédiatrie, ce chiffre est plutôt supérieur aux études qui ont été menées dans des conditions similaires.

Plusieurs faiblesses de ce travail doivent également être signalées.

La plupart de ces faiblesses a une origine commune : cette évaluation n'a pas été conduite dans le cadre d'une étude randomisée, mais a dû être intégrée au déroulement normal de l'enseignement « nouvelle formule » qui est dispensé à l'ensemble des DCEM3 de la faculté Pierre et Marie Curie. En découlent les constatations suivantes :

- Dans l'idée d'une égalité des chances dans la préparation des DCEM3 de la faculté en vue des ECN, il a été exclu d'induire une différence de traitement des étudiants à l'occasion de ce travail. Ainsi, nous n'avons pas de groupe « contrôle » de la même promotion dans le cadre de l'évaluation des connaissances. Si nous avons réussi à créer un groupe contrôle de la même promotion pour l'évaluation des compétences, c'est que les étudiants avaient ensuite la possibilité de revoir le film sur l'arrêt cardiaque chez eux avant de se présenter aux ateliers.

- Nous avons été tributaires des dates d'enseignement. Ainsi, l'évaluation sur simulateur s'est tenue en matinée alors que le simulateur était déjà installé dans le cadre normal de l'enseignement obligatoire par ateliers dans l'après-midi. Pour l'évaluation des compétences, il en résulte que les étudiants des groupes « ateliers » et « complet » ont été évalués au lendemain ou deux jours après les ateliers, alors que les étudiants du groupe « film » n'ont pu être évalués qu'un mois après visionnage du film, ce qui induit un biais dans la comparaison des groupes. Il nous avait été proposé de projeter le film 72h avant les ateliers, mais cette date bloquée entre un jour férié et un week-end de mai, risquait de diminuer drastiquement le nombre d'étudiants présents et les chances de réussite de l'étude. Nous n'avons eu d'autre choix que de déplacer la date en amont, un mois avant les ateliers. Cependant, nous verrons dans la suite de ce travail que les connaissances et les compétences se maintiennent au moins deux mois, et les compétences observées restent probablement similaires à celles qui auraient été notées dans les jours suivant la projection du film.

De la même manière, les étudiants du groupe « 2 mois » n'ont pas pu être évalués plus tardivement car ils quittaient leur stage de Trousseau la semaine suivante. Il aurait été plus intéressant de les évaluer plus à distance. Dans cette idée, nous avons voulu évaluer les étudiants un an après l'enseignement, mais ces étudiants actuellement en DCEM4 passaient les ECN au moment de l'évaluation des compétences.

- Puisque c'était l'enseignement qui était évalué, et non pas les performances individuelles des étudiants, l'identification de chaque étudiant sur les questionnaires n'était pas rendue obligatoire. De nombreux tests de connaissances étaient donc anonymes, rendant impossible une analyse statistique à l'aide du t-test pairé, qui aurait été plus judicieuse, les données n'étant pas indépendantes.

- Enfin, l'enseignement « nouvelle formule » n'existant à notre connaissance qu'à la faculté Pierre et Marie Curie, l'étude était forcément monocentrique.

D'autres faiblesses concernent l'évaluation des compétences.

La principale faiblesse de cette évaluation est son manque de puissance, due à une prévision trop optimiste des différences attendues entre les groupes. Lors du calcul du nombre de sujets nécessaires, il avait été estimé qu'une quinzaine d'étudiants par groupe devrait permettre de montrer une différence significative si elle existait. C'était sous-estimer la grande dispersion finalement

observée au sein de chaque groupe. La répartition des étudiants en 4 groupes - qui aurait pu être intéressante pour déterminer l'efficacité de chaque composant de l'enseignement, associée au désistement ou au refus de participation de 7 étudiants du groupe « complet », a diminué la puissance de l'étude, expliquant possiblement le manque de résultats significatifs. A posteriori, il aurait été plus judicieux de ne réaliser que deux groupes, l'un « contrôle », l'autre « complet ».

Dans un souci de simplicité pour les étudiants, ceux-ci n'ont pas été randomisés pour cette étude. Selon la date prévue de leur enseignement obligatoire en ateliers, ils ont été répartis en 4 groupes de volume équivalent, et leur évaluation avait lieu dans la même matinée pour chaque groupe. Il s'est trouvé que les étudiants du groupe « complet » avaient moins d'expérience sur mannequin haute-fidélité, et avaient moins été confrontés à un arrêt cardiorespiratoire de l'adulte lors de leurs stages. Il en résulte que les performances de ce groupe sont possiblement sous-estimées, expliquant peut être certains résultats non significatifs.

Concernant les critères d'évaluation des compétences, il faut là encore détailler plusieurs points.

La check-list utilisée pour le score de compétence, si elle a été adaptée d'une autre étude sérieuse de simulation<sup>63</sup>, n'a pas pu suivre les nouvelles recommandations pour l'établissement d'une check-list en simulation<sup>65</sup>, parue après l'évaluation des étudiants en juillet 2014.

L'enregistrement vidéo s'est avéré très utile pour déterminer les temps à la première insufflation, à la première compression, la séquence de réalisation des actes. La technicité en revanche a été plus difficile à évaluer. L'efficacité de la ventilation notamment n'a pas pu être correctement évaluée pour plusieurs étudiants. Le soulèvement du thorax était difficile à apprécier, notamment quand les étudiants n'avaient pas déshabillé l'enfant. Nous avons choisi de ne pas l'intégrer au score de compétence, car il aurait fallu exclure du score 4 étudiants.

La profondeur des compressions n'a pas pu être appréciée sur les enregistrements vidéo. Dans plusieurs études de simulation, le mannequin haute-fidélité permet de la déterminer. Ce n'était pas le cas dans cette étude.

Pour les fractions de temps en no-flow et sans ventilation, la difficulté a été la variabilité des durées d'enregistrement, entre 2:30 et 5 minutes. Nous avons choisi de nous concentrer sur les 3 premières minutes, car c'est la médiane d'arrivée du médecin, et donc le temps où le « premier répondeur » (*first responder*) est souvent seul<sup>51</sup>; et le temps de survenue d'une hypoxie cérébrale. Certains enregistrements restaient néanmoins inférieur à 3 minutes, ce qui pourrait induire un biais dans l'analyse des résultats : ceux qui ont réalisé tous les gestes en 2:30 auraient pu continuer la RCP et améliorer leur temps de no-flow et sans ventilation. Ou alors, comme parfois observé, ils auraient paniqué après une prise en charge initiale correcte et diminué leurs temps.

Nous avons jugé intéressant d'introduire de nouveaux critères, les fractions de temps sans ventilation efficace ou sans compression efficace, quand nous avons remarqué que certains étudiants ventilaient ou réalisaient des compressions pendant la majorité du temps, mais que la technicité et l'efficacité de leurs gestes n'étaient absolument pas probantes. Par exemple, certains utilisaient l'ambu sans appliquer correctement le masque sur le visage du mannequin, avec des fuites très importantes facilement audibles sur les enregistrements audio. D'autres comprimaient au niveau de l'abdomen, ou à une fréquence inférieure à 50/min.

Cependant, pour créer ces nouveaux critères, nous n'avons pas - comme les intitulés peuvent le laisser croire - regardé chaque compression ou chaque ventilation et déterminé si au temps  $t$  elle était efficace ou non. En effet, si la présence ou non de compressions et/ou de ventilations était déterminée pour chaque seconde d'enregistrement, donnant les temps de compression et de ventilation, il n'a pas été possible de déterminer leur efficacité à chaque seconde, puisque pour l'efficacité intervient le rythme, qui nécessite de regarder sur des périodes plus étendues. Il a donc été décidé d'ajuster les temps de compression et de ventilation avec les scores techniques qui avaient été notés par les deux examinateurs. Ainsi, si les compressions d'un étudiant avaient été jugées efficaces sur les 15 premières compressions, elles ont été jugées efficaces pour l'ensemble de la durée des compressions. De même pour la ventilation. Cette méthode conduit possiblement à sur ou sous-estimer les temps sans compression efficace et sans ventilation efficace.

Enfin, l'évaluation des étudiants a pu être biaisée si malgré les recommandations données à chaque étudiant, le scénario a été ébruité entre les différents groupes. Il était de toute façon techniquement impossible de faire passer les 69 étudiants le même jour, et de leur demander de rester dans la salle de simulation une fois l'évaluation terminée.

## **II A la lumière de la littérature existante**

---

### **1/ Satisfaction des étudiants**

L'enseignement « nouvelle formule » a été plébiscité par les étudiants.

D'une part, le film a rencontré un large succès auprès des étudiants. Cette nouvelle « génération des écrans » a adopté avec enthousiasme cette nouvelle forme d'enseignement, à leur sens plus pédagogique qu'un cours classique.

Au cours de cet enseignement, le film est projeté en amphithéâtre, afin que les étudiants restent encadrés et puissent interagir avec l'enseignant à l'issue de la projection.

En dehors de cet enseignement, les possibilités d'un tel outil multimédia sont multiples : e-learning au cours d'une formation professionnelle continue, cours pour l'ensemble des internes de



pédiatrie sous la forme d'un MOOC (massive open online course). Le nombre de vues sur YouTube, qui dépasse les 27 000 et donc largement le nombre de vues par les seuls étudiants, témoigne du rayonnement de ce film.

D'autre part, les ateliers de simulation ont eux aussi été très appréciés. Les réponses sont claires : ils aiment la simulation et veulent voir l'expérience renouvelée. Ces résultats sont concordants avec de nombreuses autres études<sup>31,66,67</sup>. L'intérêt pour l'atelier de simulation avec mannequin haute-fidélité est supérieur à l'intérêt pour les deux autres ateliers, ce qui est également retrouvé dans la littérature : entre un mannequin haute-fidélité et un mannequin standard, les étudiants préfèrent toujours les conditions plus réalistes offertes par le mannequin haute-fidélité<sup>68,69</sup>.

## **2/ Progression des connaissances**

Les progrès ressentis par les étudiants se confirment lors des tests de connaissance. Ces progrès sont notés après visualisation du film ou après passage par les ateliers. Ils sont encore plus conséquents lorsque le film et les ateliers sont associés dans le cadre de cet enseignement « nouvelle formule ».

L'intérêt d'un film dans l'acquisition de connaissances a été initialement montré en chirurgie, chez des internes qui se formaient à la laparoscopie<sup>70,71</sup>.

Concernant la prise en charge de l'arrêt cardiaque, l'intérêt d'un film de 34 minutes associé à un entraînement simultané sur mannequin basse-fidélité a été testé chez des étudiants en médecine, et permettait d'acquérir le même niveau de connaissances sur la prise en charge de l'arrêt cardiaque que 4h de cours traditionnel<sup>59</sup>. Une étude australienne portant sur 21 étudiants a étudié l'intérêt d'un module de e-learning associé à 90 minutes d'ateliers pratiques, et a conclu elle aussi à une progression significative des connaissances<sup>72</sup>.

Quant à la simulation seule, trois méta-analyses, deux portant sur la simulation en réanimation<sup>68</sup> et dans les situations d'urgence<sup>73</sup>, la troisième portant sur la simulation en pédiatrie<sup>25</sup>, montrent clairement une progression significative des connaissances des professionnels de santé (incluant les étudiants en médecine) après enseignement par simulation. Cependant, pour arriver à cette conclusion, les auteurs comparent l'enseignement par simulation versus l'absence d'enseignement. Or, lorsque les auteurs comparent l'enseignement par simulation versus d'autres formes d'enseignement (souvent l'enseignement traditionnellement dispensé sur le site de l'étude), les résultats plaident encore pour la simulation, mais ne sont plus significatifs<sup>68,73</sup>.

C'est une grande force de ce travail : le résultat des tests de connaissance de la promotion qui a reçu l'enseignement « nouvelle formule » a pu être comparé à celui de la promotion précédente qui avait reçu un autre type d'enseignement (un cours en amphithéâtre). Le résultat est sans appel : l'enseignement « nouvelle formule » permet d'acquérir un meilleur niveau de connaissances.

### **3/ Progression des compétences**

La progression des compétences est plus délicate d'interprétation dans ce travail.

Tout d'abord, il est indiscutable que les étudiants respectent mieux les recommandations de l'European Respiratory Council à l'issue de l'enseignement. Les notes bien meilleures au score de compétence des étudiants du groupe « complet » versus « contrôle » en témoignent.

En matière de compétence, seule une étude<sup>74</sup> a associé comme la nôtre la visualisation d'une vidéo suivie ensuite d'une simulation sur mannequin. Son objectif était l'apprentissage de la mise en place d'une intra-osseuse. A l'issue de cet enseignement, les compétences des étudiants étaient meilleures par rapport aux étudiants ayant appris auprès d'un instructeur avec mise en pratique sur le mannequin.

Dans le cadre de l'arrêt cardio-respiratoire, l'association simultanée film et pratique sur mannequin sans instructeur permet d'acquérir autant de compétence que le cours traditionnel de 4 heures, que ce soit pour des étudiants en médecine<sup>59</sup> ou pour le grand public<sup>75,76</sup>.

Lorsqu'on s'intéresse à la simulation seule, les trois méta-analyses citées précédemment retrouvent également une progression des compétences après simulation<sup>25,68,73</sup>. Deux d'entre elles distinguent le « skill process », soit la manière dont les étapes de la tâche clinique sont réalisées (ex : l'ambu est-il relié à l'oxygène, positionné sur le nez et la bouche de l'enfant...), le « skill product », soit le résultat de la tâche (ex : la ventilation est-elle efficace ou non?), et le « time skill », le temps nécessaire à la réalisation de la tâche<sup>68,73</sup>.

Dans ce travail, nous avons travaillé sur des critères similaires.

Le score de séquence reflète un aspect du « skill process ». Il est meilleur dans le groupe « complet » que dans le groupe contrôle. Les 2 méta-analyses retrouvent elles-aussi une amélioration significative des « skill process » après simulation versus absence d'enseignement. Lorsque l'enseignement par simulation est comparé à un autre type d'enseignement, cette progression des compétences reste significative dans la méta-analyse portant sur la simulation en réanimation (avec 15 études et 808 apprenants), alors qu'elle ne l'est plus dans la méta-analyse portant sur la médecine d'urgence (7 études et 455 apprenants).

Le score de technique de notre étude reflète le « skill product », soit l'efficacité des compressions et de la ventilation. Dans notre travail, les scores sont meilleurs dans le groupe

« complet » que dans le groupe contrôle, mais la différence n'est pas significative. Dans la littérature, en reprenant respectivement 5 études (300 apprenants), et 6 études (337 apprenants), les 2 méta-analyses retrouvent une amélioration significative des performances techniques versus l'absence de simulation. Cette différence n'est plus significative lorsqu'on s'intéresse aux rares études comparant enseignement par simulation et autre forme d'enseignement.

Enfin, le temps à l'initiation de la ventilation et des compressions reflète le « time skill ». Dans notre travail, il a été décevant de voir qu'il n'y avait pas de différence à l'initiation de la ventilation entre les groupes, voire même que le groupe contrôle était meilleur dans l'initiation des compressions. C'est d'autant plus surprenant que les méta-analyses plaident en faveur d'une amélioration des temps de réalisation des tâches, même si là encore, comparé à d'autres formes d'enseignement, la différence n'est pas significative.

Nous avons jugé intéressant d'ajouter comme critères le temps de no-flow, et le temps sans ventilation. Ces critères n'ont été utilisés en pédiatrie que dans deux études d'Elisabeth Hunt<sup>50,77</sup> à la suite de recommandations sur la standardisation des critères de qualité d'une bonne réanimation cardio-pulmonaire<sup>78</sup>. Il reflète à notre sens le résultat de la réanimation de l'étudiant vu par le mannequin, et pourrait lui aussi rentrer dans la catégorie des « skill product ».

Dans ce travail, les chiffres de ces temps peuvent paraître très décevants : autour de 80 % de temps de no-flow, et entre 60 et 75 % de temps sans ventilation.

Ces chiffres sont à nuancer :

- D'une part, les étudiants ont été évalués sur 3 minutes au maximum, incluant le temps de diagnostic de l'arrêt cardio-respiratoire. Le temps de stimuler l'enfant, libérer les voies aériennes, écouter/voir/sentir et faire le diagnostic d'arrêt cardio-respiratoire peut prendre 30 secondes pour un réanimateur confirmé. Dans ces conditions, les minimum de temps sans ventilation n'est pas de 0 %, mais de 17 %. En ajoutant le temps nécessaire à réaliser 5 insufflations, puis à rechercher les signes de vie, ce sont encore jusqu'à 20 secondes qui sont nécessaires, portant le minimum du temps de no flow à 28 % incompressibles.

- D'autre part, les étudiants restent des DCEM3 et leurs résultats sont à mettre en regard de ceux observés dans les études d'E. Hunt. Lorsque cette auteure a étudié les performances des internes de pédiatrie en réanimation cardio-pulmonaire, la médiane de no-flow était de 88 % pour les internes en première année, 81 % pour ceux en deuxième année, 56 % pour ceux en troisième année. La médiane de 80 % que nous observons chez les DCEM3 reste comparable à ces résultats. En revanche, l'étude de E. Hunt retrouve des médianes de temps sans ventilation inférieures, à respectivement 35 %, 50 % et 30 % pour les internes de première, deuxième et troisième années, alors que nos médianes s'échelonnent entre 60 et 75 %<sup>50</sup>.

Les critères de temps de no-flow et sans ventilation nous ont paru insuffisants pour juger l'efficacité de la réanimation du point de vue du mannequin. En effet, plusieurs étudiants comprimaient l'abdomen pendant toute la durée de la réanimation, tandis que d'autres ne plaçaient pas le masque correctement sur le visage de l'enfant pendant la ventilation qui était totalement inefficace. Il nous a semblé important de pondérer ces temps par l'efficacité des gestes réalisés par les étudiants. Les médianes de ces temps sans compression efficace et sans ventilation efficace peuvent apparaître catastrophiques : le mannequin est resté entre 90 et 100 % du temps sans compression efficace, et 64 à 100 % du temps sans ventilation efficace. Il faudrait les comparer avec d'autres données de la littérature, mais aucune étude n'a encore utilisé de tels critères.

L'analyse de l'ensemble des résultats des compétences des étudiants soulève les points suivants :

- A l'issue de cet enseignement « nouvelle formule », la technique et l'efficacité des ventilations des étudiants sont bien meilleures. Cela se traduit par une augmentation faible de la « médiane de temps sans ventilation efficace » par rapport à la « médiane de temps sans ventilation » dans le groupe ayant reçu l'enseignement (64 % vs 59%), alors que cette augmentation est majeure dans le groupe contrôle (100 % vs 73%). Concrètement, si la quasi-totalité des étudiants va ventiler l'enfant, le mannequin (et donc probablement le futur patient) n'en tirera vraiment bénéfice que s'il est ventilé par un étudiant ayant reçu l'enseignement.

Ainsi, bien que l'atelier respiration soit le moins plébiscité par les étudiants, il est probablement le plus rentable en matière d'apprentissage.

- Au contraire, à l'issue de cet enseignement « nouvelle formule », les étudiants ne sont pas meilleurs dans la réalisation des compressions thoraciques. Ils tardent même à les initier, augmentant le temps de no-flow dans le groupe qui a reçu l'enseignement. Dans la littérature, E. Hunt a retrouvé les mêmes résultats avec des internes de pédiatrie<sup>50</sup>.

Ces résultats sont importants et donnent des pistes pour améliorer l'enseignement à la FMPMC que nous détaillerons au paragraphe III.

## **4/ Efficacité de l'enseignement dans le temps**

### ***4.1 Rétention des connaissances***

Dans notre travail, 6 mois à 1 an après leur enseignement par atelier, les étudiants gardaient un meilleur niveau de connaissance que lors de leur test initial avant enseignement. Ce résultat est similaire à celui d'une étude australienne qui associait de façon similaire à la nôtre un module de e-

learning et 90 minutes d'ateliers pratiques : 8 mois après l'enseignement, le niveau de connaissances restait supérieur à celui de départ<sup>72</sup>.

Dans notre travail, ce niveau de connaissance était moins bon à distance que juste après l'enseignement, mais il restait meilleur que celui de la promotion précédente qui n'avait pas reçu l'enseignement « nouvelle formule ».

Cette observation contraste avec une autre étude menée aux Etats-Unis<sup>69</sup>, qui n'avait plus retrouvé de différence au test de connaissance complété un an après l'enseignement, entre les étudiants ayant pratiqué sur simulateur haute-fidélité, et les étudiants ayant reçu l'enseignement classique.

Une méta-analyse reprenant les programmes d'enseignement de réanimation cardio-pulmonaire<sup>62</sup> montre que les connaissances peuvent être retenues relativement longtemps, entre 3 et 12 mois.

Nous pouvons donc être satisfaits de l'impact à long terme de l'enseignement « nouvelle formule » mis en place à la FMPMC en matière de connaissances.

#### **4.2 Rétention des compétences**

2 mois après l'enseignement par atelier, les étudiants gardent les compétences acquises pendant les ateliers : le score de compétence, le score technique, le score de séquence, le temps de ventilation efficace restent comparables au groupe venant de compléter l'enseignement, et sont significativement supérieurs par rapport au groupe contrôle.

Nous avons déjà expliqué que nous aurions aimé évaluer les étudiants à plus long terme, mais que cela n'avait pas été possible dans le cadre de cette étude, les DCEM4 étant en pleines épreuves classantes nationales au moment des évaluations.

A plus long terme, il est probable que nous aurions observé une diminution importante des compétences. La méta-analyse citée précédemment<sup>62</sup> trouve déjà une diminution des compétences à 3 mois de l'enseignement. Deux études pédiatriques vont également dans ce sens : 3 à 5 mois après avoir suivi et réussi le test du *Neonatal Life Support*, les candidats de l'étude de Mosley n'étaient plus que 39 % à réussir le test à nouveau du premier coup<sup>79</sup>. L'étude de Gaies montrait que 7 mois après s'être entraînés aux gestes techniques de base (utilisation d'un ambu, prise de sang, pose d'une perfusion, ponction lombaire), les internes de pédiatrie ayant bénéficié d'un programme sur simulateur voyaient leurs performances rejoindre celles du groupe contrôle<sup>80</sup>. Certains se demandent donc si la simulation a vraiment un intérêt quant aux compétences<sup>81</sup>.

Dans le cadre de l'enseignement « nouvelle formule » à la FMPMC, cette question reste en suspens.

Il ne faudrait pas oublier à ce stade que la simulation haute-fidélité, si elle semble un mode d'enseignement intéressant, n'en reste pas moins un outil. Comme tout outil, il existe plusieurs manières de s'en servir, avec des résultats plus ou moins probants. Afin d'améliorer encore et toujours l'enseignement « nouvelle formule » à la FMPMC, nous nous sommes intéressés aux déterminants de l'efficacité d'un enseignement par simulation.

### III Améliorer l'enseignement

---

#### A/ Le Fond

##### *1/ Redonner sa place aux compressions par rapport à la ventilation.*

Certes la ventilation est primordiale dans la réanimation de l'enfant. Dans une étude sur des porcelets en arrêt cardiaque asphyxique<sup>82</sup>, la ventilation était un facteur indépendant de réussite de la réanimation cardio-pulmonaire. Chez l'homme, une étude parue dans le Lancet en 2010 montre que chez les enfants de 1 à 17 ans dont l'arrêt n'est pas d'origine cardiaque, l'alternance ventilation/compression permet de multiplier par deux la survie à 1 mois (15.9 % vs 8.9 % de 380 et 624 enfants respectivement) et d'augmenter considérablement les chances de survie sans handicap neurologique majeur (7.2 % vs 1.6%), par rapport à des compressions seules<sup>33</sup>.

Mais à force de mettre l'accent sur l'importance de la ventilation dans l'arrêt cardiaque de l'enfant, E. Hunt retrouve comme nous que ses internes finissaient par se concentrer sur les insufflations et délaissaient les compressions<sup>50</sup>. Or dans l'étude de Kitamura, les résultats sur la survie à 1 mois étaient similaires chez les enfants de moins d'un an entre ceux qui avaient reçu une alternance compression/ventilation et ceux qui avaient été seulement massés, quelle que soit l'origine de l'arrêt cardiaque<sup>33</sup>. Par ailleurs, la qualité des compressions est associée à la survie des enfants et des adolescents ayant présenté un arrêt cardiaque<sup>83</sup>.

Sous-estimer l'importance des compressions dans la prise en charge de l'arrêt cardiaque de l'enfant en étant trop focalisé sur la ventilation semble contre-productif pour la survie de l'enfant, surtout s'il est âgé de moins d'un an comme dans la mise en situation que nous proposons.

##### → **Modifier le message délivré aux étudiants**

Consciente de ce problème, l'équipe pédagogique d'E. Hunt a fait le choix d'équilibrer les messages lors de l'enseignement de la réanimation cardio-pulmonaire de l'enfant. Ventilation et circulation sont remises au même niveau lors de l'apprentissage des internes. Grâce à de nouveaux messages et de nouvelles méthodes d'enseignement, elle réussit à diminuer la médiane de temps sans compression de 74 % avant l'enseignement à 34 % après, alors que la médiane de temps sans ventilation diminue moins (39 % vs 30%)<sup>77</sup>. La FMPMC pourrait s'en inspirer pour les futurs enseignements.

##### → **Se concentrer sur les compressions pendant l'atelier « Basic Life Support »**

Une autre étude parue en 2014 retrouve comme nous qu'en matière de compressions, les étudiants ne progressent pas au cours de l'enseignement<sup>84</sup>. Il faut donc mettre l'accent sur l'atelier

« Basic Life Support » au cours duquel les compressions de l'enfant sont enseignées. Il est possible que les étudiants hospitaliers pensent déjà maîtriser les compressions thoraciques, car ils ont auparavant travaillé sur l'arrêt cardiaque de l'adulte lors d'ateliers de simulation. L'instructeur doit donc veiller à ce qu'il n'y ait pas d'excès de confiance de la part des étudiants, cette confiance n'étant pas corrélée à la compétence.

→ **Vérifier la compétence des instructeurs**

Un dernier facteur que nous ne devons pas omettre, est la qualité de l'enseignement prodigué lors du second atelier de simulation. Les enseignants sont-ils tous vraiment au clair avec les critères de qualité des compressions thoraciques, et sont-ils efficaces dans le feedback qu'ils transmettent aux étudiants ? Ce travail ne s'était pas fixé comme objectif l'évaluation des enseignants, mais c'est sans doute un point qu'il faut vérifier.

**2/ Souligner l'importance du résultat sur le mannequin**

Cette étude sur les compétences nous enseigne que pour des étudiants hospitaliers, ce n'est pas parce que l'algorithme est mieux respecté que les temps à l'initiation de la ventilation et de la compression sont plus rapides, et les résultats pour le mannequin plus probants.

Lors de la visualisation des enregistrements vidéos, il était intéressant de remarquer que les étudiants du groupe contrôle, ne sachant vraiment que faire, se précipitaient rapidement sur les compressions thoraciques qu'ils avaient apprises chez l'adulte. Certes leur ventilation était quasiment toujours inefficace, mais leur temps à l'initiation de la compression était meilleur que pour les autres groupes. A l'inverse, les étudiants ayant reçu la totalité de l'enseignement se rendaient souvent compte qu'ils avaient initié les étapes dans le désordre, ce qui les perturbait dans leur réanimation. Certes leur ventilation était très souvent efficace, mais leur temps de no-flow était finalement similaire au groupe contrôle.

→ **Insister sur la minimisation des temps sans compression et sans ventilation.**

Sur la forme, l'optimisation de l'apprentissage décrit au paragraphe suivant devrait permettre également de retenir l'algorithme sous forme de réflexes plutôt que comme une laborieuse séquence apprise par cœur.



## B/ La Forme : Optimiser l'Apprentissage

Dans cette partie nous proposons d'élaborer des propositions pour améliorer l'apprentissage à la FMPMC, à partir des principes de bonne pratique en simulation santé, et des recommandations pour optimiser l'efficacité de la simulation<sup>30,85-87</sup>.

### 1/ Le feedback et la pratique délibérée

Il ne faudrait pas croire que le seul fait de s'entraîner sur le mannequin haute-fidélité permette une progression des compétences par l'expérience générée. Plusieurs études chez des étudiants en médecine montrent que l'expérience n'est pas corrélée à la compétence<sup>88-90</sup>.

Ce constat est résumé dans la phrase d'Issenberg :

« Clinical experience alone does not guarantee the acquisition of clinical competence »<sup>91</sup>

L'expérience permet d'améliorer la confiance en soi et en ses compétences<sup>89,90</sup>, mais cette confiance, si elle peut diminuer le stress<sup>92</sup>, n'est pas corrélée aux compétences vraiment observées<sup>93</sup>.

Il faut donc rester prudent lors de l'interprétation des résultats des compétences autoévaluées par les étudiants : à la sortie de l'enseignement sur simulateur, ils auront gagné en confiance, mais la corrélation avec leurs réelles compétences reste encore à prouver.

Le feedback ou retour d'expérience est pour la majorité des auteurs la clé de la réussite d'un enseignement par simulation<sup>85,87</sup>. Il a lieu le plus souvent juste après une mise en situation, à l'occasion du débriefing. Il identifie pour chaque participant et pour l'équipe les forces et les faiblesses notées pendant la mise en situation. La HAS a identifié des bonnes pratiques pour la réalisation du débriefing<sup>28</sup> à partir d'un article de Salas publié en 2008<sup>94</sup>.

#### Les 12 bonnes pratiques de *debriefing*

1. Les *debriefings* doivent avoir un intérêt diagnostique (forces et faiblesses des participants).
2. Ils doivent être réalisés dans un environnement facilitant l'apprentissage.
3. Les formateurs et participants doivent privilégier les discussions sur le travail d'équipe.
4. Les leaders doivent être formés à l'art et la science du *debriefing*.
5. Les membres participants doivent se sentir à l'aise durant les *debriefings*.
6. Le *debriefing* doit être focalisé sur quelques points critiques.
7. Les comportements et interactions d'équipes performantes doivent faire l'objet de descriptions ciblées.
8. Des indicateurs objectifs de performance doivent être utilisés.
9. Les résultats du *debriefing* doivent être fournis secondairement.
10. Le *debriefing* doit être réalisé à la fois au plan individuel et au plan de l'équipe au moment le plus approprié.
11. Le *debriefing* doit avoir lieu dès que possible après la séance.
12. Les conclusions et les buts du *debriefing* doivent être enregistrés pour faciliter des *debriefings* ultérieurs.

Figure 18 : 12 bonnes pratiques du *debriefing* d'après la Haute Autorité de Santé (Etat de l'art national et international en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. (2012))

Plusieurs auteurs se sont intéressés aux modalités du feedback :

- une méta-analyse rassemblant 4 études et 115 apprenants n'a pas retrouvé de meilleures performances lorsque les étudiants avaient eu un débriefing vidéo-assisté en comparaison à un débriefing oral<sup>95</sup>.

- une autre méta-analyse<sup>96</sup> a étudié l'intérêt d'un feedback de la qualité des compressions grâce à des dispositifs audio-visuels tel que celui présenté ci-dessous (Illustration 2). Trois études chez l'homme n'ont pas montré d'amélioration de la survie malgré des compressions plus profondes et dont le rythme était plus proche de 100/min, et un temps de no-flow diminué de 1,9 %. Sur les mannequins, la présence de ce feedback intégré permet de meilleures performances, similaires à celles observées dans ces 3 études.

- Une autre auteure a voulu comparer deux modes d'apprentissage : la mise en situation de l'apprenant suivie d'un débriefing, versus la démonstration par des instructeurs suivie par la mise en situation de l'apprenant. Les faibles effectifs de ses 2 études ne permettent pas de conclure mais il semble que pour des étudiants peu expérimentés, la simulation précédée par une démonstration permet une meilleure acquisition des connaissances et des compétences<sup>97,98</sup>

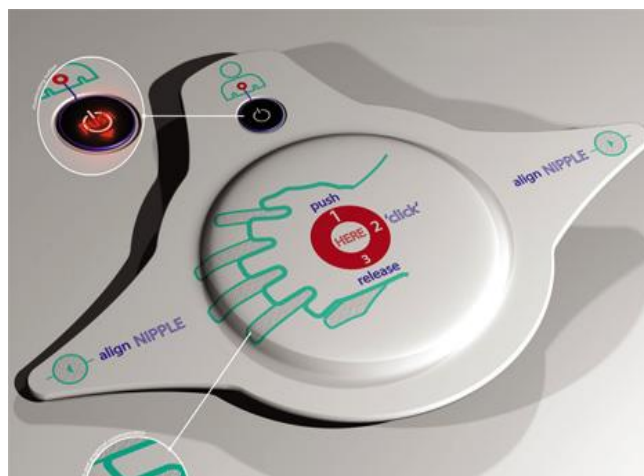


Illustration 2 : Exemple de dispositif permettant un feedback automatique de la réanimation cardiopulmonaire. <http://www.yankodesign.com/2008/06/17/i-heart-this-design/>

Cette idée de feedback s'intègre plus largement dans le concept de pratique délibérée (*deliberate practice*). C'est le professeur de psychologie K. Anders Ericsson qui a donné naissance à la pratique délibérée en 1993<sup>99</sup>. L'idée d'Ericsson est que devenir expert dans un domaine dépend moins du talent inné que de la pratique, et moins du nombre d'heures de pratique que de la manière dont ces heures sont utilisées. Ainsi, l'important pour un sportif de haut-niveau n'est pas de multiplier à l'infini les entraînements, ce qui risque de mener à la blessure, mais d'avoir un bon entraîneur capable de le corriger à chaque entraînement, afin de mener chaque jour le sportif au niveau au-

dessus. De même, un joueur de piano peut s'entraîner seul des heures chez lui, s'il n'a pas la capacité de juger correctement ses performances, ou un professeur capable de lui donner un retour sur sa manière de jouer, il ne deviendra jamais un maestro.

Dans le domaine de la santé, Ericsson a défini en 2003 les caractéristiques de la pratique délibérée<sup>100</sup> qui sont reprises par la HAS<sup>28</sup> :

#### **Les 9 caractéristiques de la pratique délibérée en santé**

1. Les participants doivent être motivés et suffisamment concentrés.
2. Ils doivent s'engager pour des objectifs bien définis.
3. À chaque objectif correspond un niveau approprié de difficulté.
4. La pratique doit être ciblée, répétée.
5. Des mesures précises, rigoureuses sont conduites.
6. Un retour d'information (*debriefing*) bien encadré est réalisé.
7. Ce retour amène les participants à corriger les stratégies, les erreurs et leur niveau de compréhension.
8. L'objectif est d'atteindre un standard.
9. L'atteinte du standard précède l'évolution vers une autre tâche ou objectif.

*Figure 19 : 9 caractéristiques de la pratique délibérée en santé, d'après la Haute Autorité de Santé (Etat de l'art national et international en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. (2012))*

Ainsi, ce n'est pas seulement le fait de s'entraîner à maintes reprises sur un mannequin haute-fidélité qui permettrait l'amélioration des compétences, mais d'abord et avant tout la qualité du feedback prodigué, et donc la qualité de l'enseignant.

Depuis 2011, certains s'élèvent contre cette théorie, montrant que la pratique délibérée est certes nécessaire, mais pas suffisante pour devenir un expert, d'autres facteurs comme les capacités cognitives entrant en ligne de compte<sup>101</sup>.

#### **Améliorer le Feedback et la Pratique Délibérée à la FMPMC**

Dans notre travail, les étudiants sortaient des ateliers de simulation confiants dans leurs compétences à prendre en charge seul un arrêt cardiaque ou une détresse respiratoire de l'enfant. Cette impression – qui ne préjugait pas comme nous l'avons vu de leurs compétences réelles - s'est trouvée confirmée par l'hétéro-évaluation des compétences par deux examinateurs. La progression de ces étudiants est sans doute redevable à la mise en place dès le début de cet enseignement nouvelle formule d'un débriefing après chaque mise en situation dans l'atelier simulation.

Cependant, il a semblé que les étudiants qui avaient reçu la totalité de l'enseignement se perdaient parfois dans l'algorithme avec en conséquence un retard à l'initiation des insufflations et des compressions. Dans l'idée de la pratique délibérée, plusieurs études ont privilégié le retour sur mannequin après un débriefing raccourci avec ce mot d'ordre « Essaie encore jusqu'à ce que tu réussisses », et ont obtenu de meilleurs résultats en termes de connaissance et de compétences<sup>77,102</sup>.

On pourrait imaginer que l'instructeur mène seul le débriefing, en 2 minutes plutôt que 9, et refaire passer les étudiants sur la même situation ensuite pendant les 7 minutes libérées. En effet, les étudiants en DCEM3, souvent intimidés et aux connaissances limitées, ont des difficultés à s'impliquer dans cette phase de débriefing.

Cependant, je ne ratifierai pas cette idée, car un débriefing à sens unique ne permettrait pas aux étudiants de travailler cette compétence qui est un objectif du second cycle des études médicales : faire preuve de réflexivité. Ils seraient conditionnés pour répéter une action et obtiendraient certes de meilleurs scores, mais dans une situation très standardisée, et comme tout technicien sans capacité réflexive, ils seraient probablement perdus dans une situation un peu différente.

Il faut donc réaliser un compromis : nous proposons de **raccourcir le débriefing** en se concentrant sur les seuls étudiants qui viennent de passer la mise en situation. Leur petit nombre diminue l'effet de « dilution de la responsabilité » qui s'accroît lorsque 9 étudiants attendent que leur voisin réponde. Les 4 à 5 minutes libérées permettent aux étudiants de **reprendre la mise en situation** et de se fixer les idées, rattrapés en cas d'erreur majeure par l'instructeur qui peut faire une pause dans le scénario et le reprendre juste avant que l'erreur n'ait été commise.

## *2/ La Pédagogie par Objectifs*

La pédagogie par objectif est un autre principe de bonne pratique en simulation. Elle demande des objectifs clairement définis de difficulté croissante, avec passage à l'objectif suivant seulement si l'objectif précédent est atteint, dans la lignée de la pratique délibérée.

14 % des articles de simulation soulignent l'importance d'une augmentation progressive de la difficulté pour maximiser l'efficacité de l'enseignement<sup>85</sup>. Ainsi, pour les apprentis chirurgiens, des programmes de simulation entraînant à la laparoscopie ont été conçus avec des objectifs de difficulté croissante au fur et à mesure de leur expérience<sup>103</sup>.

### *Améliorer la pédagogie par objectifs à la FMPMC*

Lors de l'enseignement à la FMPMC, cette augmentation progressive de la difficulté a été intégrée dans les ateliers. Ainsi l'atelier de simulation commence avec une mise en situation de bronchiolite simple, puis une bronchiolite en détresse respiratoire, et enfin une bronchiolite qui évolue vers un arrêt cardio-respiratoire.

Cependant, pour que la difficulté croissante s'accompagne d'une réelle progression des étudiants, il faut que chaque étape soit acquise avant de s'initier à la suivante. Or ce n'est actuellement pas toujours vérifié dans cet enseignement. Ainsi, je reviens à la proposition précédente : les étudiants devraient pouvoir repasser sur le mannequin à l'issue d'un débriefing

raccourci, afin de **vérifier l'acquisition des compétences nécessaires** au scénario simple avant d'augmenter la difficulté.

### ***3/ L'Enseignement Personnalisé***

L'enseignement personnalisé prend en compte les compétences de départ de l'étudiant afin d'adapter la formation à son niveau. Cette méthode a fait la preuve de son efficacité sur la progression des compétences dans une méta-analyse<sup>86</sup> totalisant 59 études et 3822 apprenants. En revanche la différence n'était pas significative pour la progression des connaissances.

#### ***Améliorer l'enseignement personnalisé à la FMPMC***

Il est difficile lors des ateliers qui rassemblent 9 étudiants et ne durent qu'une heure chacun d'évaluer les étudiants sur leurs compétences afin de connaître leur niveau de départ, et ensuite de leur proposer individuellement des scénarios adaptés. Il ne faut pas oublier non plus que la simulation permet également de se former au travail en équipe et aux facteurs humains qui interviennent dans la réussite d'une réanimation.

Cependant, un enseignement personnalisé est réalisable. Nous en avons fait l'expérience lors du passage individuel des étudiants de la promotion de juin 2014 dans le cadre de l'évaluation des compétences. Après passage de l'étudiant, nous étions capables de lui délivrer un rapide débriefing des points forts et des points à améliorer que nous avons notés, et nous avons même demandé à 2 étudiantes qui ne maîtrisaient pas la prise en charge à l'issue de l'enseignement de reprendre la mise en situation.

C'est dans cette optique que dès l'année 2014-2015 **les étudiants seront évalués individuellement sur leurs compétences** à l'issue de leur demi-journée de formation. La progression des connaissances ayant été validée sur deux années consécutives, le nouvel objectif pour l'année 2014-2015 sera de vérifier la progression des compétences. Les QCM de fin d'atelier qui prenaient une dizaine de minute seront remplacés par une évaluation individuelle sur mannequin, les neuf étudiants étant évalués par l'un des deux enseignants. Si la performance de l'étudiant ne remplit pas des objectifs prédéfinis, il devra se réinscrire à une nouvelle session.

Cette nouvelle évaluation permettra de motiver les étudiants qui auront à cœur de réussir l'évaluation, et de porter plus d'attention à l'étudiant qui repasse lors de la session suivante.

#### ***4/ Fidélité de la Simulation***

Les mannequins haute-fidélité et les mises en situation réalistes permettent une meilleure progression des compétences<sup>95</sup>. Les distractions comme la présence de bruits ou d'un parent stressé au cours de la réanimation permettent également d'améliorer l'apprentissage<sup>68</sup>.



### *Améliorer la fidélité de la Simulation à la FMPMC*

Beaucoup d'efforts sont réalisés à chaque session pour que l'atelier de simulation soit le plus réaliste possible : mannequin haute-fidélité, reconstitution d'une chambre d'hôpital, mise à disposition de matériel utilisé dans les services. Un des deux enseignants joue le rôle d'un parent ou d'une infirmière et permet d'adapter les distractions aux réactions de l'étudiant. Plus de la moitié des étudiants se sont sentis stressés lors de la simulation, preuve de leur immersion dans la mise en situation.

Améliorer encore le réalisme de la simulation passerait par des mises en situation au sein même du service clinique de l'étudiant hospitalier, entouré par les équipes médicale et paramédicale avec lesquelles il a l'habitude de travailler. Cependant, la complexité du montage d'une salle de simulation et le nombre de services dans lesquels il faudrait passer (17 pour la promotion d'étudiants hospitaliers faisant leur stage en pédiatrie) sont des obstacles majeurs à cette idée.

### *5/ Répétition de la Simulation*

Dans notre travail comme dans la littérature, les connaissances et les compétences diminuent rapidement après des séances de simulation<sup>79</sup>. Le seul moyen connu à la disposition des équipes pédagogiques est de répéter ces séances. Plusieurs études montrent l'intérêt d'une pratique répétée afin de maintenir les acquis dans le temps<sup>104-106</sup>. Plus l'entraînement sur simulateur est fréquent, plus cet entraînement est court, car les bons réflexes sont faciles à retrouver. Mais il est difficile à mettre en œuvre, nécessitant souvent un mannequin dans le service de réanimation à disposition du personnel, et des instructeurs disponibles.

Pour s'affranchir des instructeurs, des mannequins parlant et délivrant un feedback automatique sur la réanimation de l'apprenant ont été commercialisés. Mais leur efficacité est inférieure à celle d'une séance d'enseignement avec un instructeur<sup>105</sup>.

### *Améliorer la conservation des acquis à la FMPMC*

Seule la répétition permet de conserver les compétences acquises lors des sessions de simulation. Or les sessions de simulation sont chronophages pour les instructeurs. Les connaissances et compétences déclinant dès le 3<sup>e</sup> mois après la formation<sup>62</sup>, il faudrait la **création d'un centre de simulation, dans lequel les étudiants hospitaliers passeraient avec leur chef de clinique** régulièrement au cours de l'année, le rythme idéal restant à déterminer. Le chef de clinique a l'avantage de connaître personnellement chacun de ses étudiants hospitaliers et peut leur offrir un enseignement individualisé. Ce serait également l'occasion pour le chef de clinique de se former à nouveau aux détresses vitales de l'enfant qu'il enseignera sur simulateur. Enfin, cela introduirait l'un des principes de bonne pratique de la simulation, l'intégration au curriculum de l'étudiant.

## ***6/ L'Intégration au Curriculum***

25 % des articles de simulation jugent que l'intégration de la simulation au curriculum des étudiants est nécessaire à son succès<sup>85</sup>. Pour la HAS, cela signifie que l'éducation par la simulation doit être organisée, planifiée et reconnue<sup>28</sup>. Elle s'intègre dans la formation au même titre que l'apprentissage par problème, les cours magistraux, les travaux pratiques.

### ***Promouvoir l'intégration au curriculum à la FMPMC***

Depuis 2012, l'enseignement par film et simulation est intégré au curriculum des DCEM3. Grâce à la motivation des équipes pédagogiques, il est organisé et planifié. Sa reconnaissance par les universitaires ne sera véritablement acquise que lorsque plusieurs études auront été publiées sur son efficacité, ce à quoi participe ce travail.

Pour que les étudiants prennent conscience de l'importance de ce nouveau type d'enseignement, et pour sa pleine intégration au curriculum, se pose la question d'une **évaluation des étudiants sur simulateur**. C'est déjà le cas en anesthésie dans certains pays (Israël, Nouvelle-Zélande, Australie).

Cette question est d'actualité :

D'une part, la simulation est depuis l'arrêté du 8 avril 2013 l'une des modalités de validation du certificat de compétence clinique indispensable à la validation du diplôme de sciences médicales approfondies, au même titre que la mise en situation auprès d'un patient. Elle tiendra sans doute une place importante dans la réflexion des universitaires de la FMPMC en vue des ECN de 2016.

D'autre part, les médecins sont tenus depuis le décret du 30 décembre 2011 (Décret 2011-2116) de suivre un programme de développement professionnel continu, annuel ou pluriannuel. L'exercice de la simulation par les étudiants les forme dès le deuxième cycle à être évalué sur leurs compétences, et à avoir un retour sur leurs performances. Il est probable qu'ils accepteront ensuite plus facilement une évaluation annuelle ou pluriannuelle de leurs pratiques en vue de l'approfondissement de leurs connaissances et compétences.



Critères de qualité en simulation	Etat des lieux en 2014	Propositions pour 2014-2015
Feedback et pratique délibérée	<ul style="list-style-type: none"> <li>Feedback en fin d'exercice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raccourcir le debriefing pour permettre aux étudiants de reprendre la mise en situation.</li> </ul>
Pédagogie par objectifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exercices de difficulté croissante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérifier l'acquisition des compétences du premier scénario avant de passer au suivant</li> </ul>
Enseignement personnalisé	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseils individualisés lors des ateliers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluer individuellement les étudiants en fin d'atelier</li> </ul>
Fidélité de la Simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulateur haute-fidélité</li> <li>Reproduction d'une chambre d'hôpital</li> <li>Enseignant facilitateur</li> </ul>	
Répétition de la Simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Créer un centre de simulation pour un entraînement régulier</li> </ul>
Intégration au Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participation de la simulation à l'enseignement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluer les étudiants sur simulateur</li> </ul>
Messages délivrés	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respect scrupuleux des recommandations internationales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Donner autant d'importance aux compressions qu'à la ventilation</li> </ul>

Tableau 12: Résumé des propositions d'amélioration de l'enseignement

## **IV Limites de la simulation**

---

### **1/ Le Coût de la simulation**

#### ***1.1 Un coût élevé en ressources humaines***

Au sein de chaque atelier, deux enseignants sont présents. Il existe trois ateliers, ce sont donc six enseignants qui sont nécessaires par heure de formation en atelier. Chaque atelier étant répété 3 fois par le duo d'enseignants, on arrive à 18 heures d'enseignement.

Si, comme en 2014, les ateliers s'étendent sur 4 après-midi par groupe d'étudiant, et qu'il existe 4 groupes d'environ 80 étudiants pendant l'année, ce sont donc  $18 \times 4 \times 4 = 288$  heures d'enseignement annuels.

La projection du film nécessite également un enseignant pendant une heure quatre fois dans l'année, soit 4 heures d'enseignement supplémentaires.

Au total, ce sont 292 heures d'enseignement qui devront être dispensées, au lieu d'un cours en amphithéâtre d'une heure.

#### ***1.2 Un coût financier majeur***

Le coût élevé en ressources humaines se traduit par un coût financier. La plupart des enseignants étant des chefs de clinique, nous avons calculé leur rémunération pour estimer le coût financier de cet enseignement.

A partir de l'arrêté du 12 juillet 2010, on peut estimer que la rémunération brute d'un chef de clinique, comprenant sa rémunération universitaire, ses émoluments hospitaliers, et la prime de service public exclusif est de 40114,96 euros bruts annuels<sup>107</sup>. Sur la base d'un volume horaire hebdomadaire de 11 demi-journées soit 49 heures, la rémunération brute horaire d'un chef de clinique est estimée à 17,06 euros.

Ainsi, pour les 292 heures d'enseignement nécessaires annuellement pour faire vivre cet enseignement « nouvelle formule », ce sont 4981.52 euros qui ont été utilisés, soit près de 300 fois plus qu'un cours en amphithéâtre classique.

Le principal poste de dépense reste le matériel utilisé.

Le coût du simulateur lui-même est de 53 000 euros TTC, auxquels il faut ajouter 10 à 20% de frais de maintenance ou de consommables par an, d'après une communication personnelle du responsable Laerdal France. Ce dernier estime que la durée de vie du mannequin haute-fidélité dépasse probablement 10 ans, mais que l'évolution rapide des technologies amène souvent les

facultés à changer de simulateurs plus tôt. Pour le calcul des coûts, nous avons estimé que le mannequin haute-fidélité aurait une durée de vie de 5 ans.

Deux ans après son achat, les frais de maintenance préventive et de réparation s'élevaient à 1734 € TTC pour la maintenance et 4329,60 € TTC pour la réparation.

En ajoutant le prix de l'occupation des salles, et l'estimation du prix de réalisation du film pédagogique, le coût total de l'enseignement innovant est de 35706,12 € par an versus 1308,24 € pour l'enseignement traditionnel en amphithéâtre. Sur la base de 400 étudiants en DCEM3 par an, le coût final par étudiant est de 89,27 € pour l'enseignement innovant et 3,27 € pour l'enseignement traditionnel (Tableau 13).

Poste de dépense	Enseignement innovant	Enseignement traditionnel
Réalisation du film pédagogique	7970 €	0 €
Achat du matériel <sup>a</sup>	10600 €	0 €
Maintenance et réparation du matériel	5774,60 €	140 €
Rémunération des instructeurs	4981,52 €	68,24 €
Occupation des salles	6380 €	1100 €
Coût total	35706,12 €	1308,24 €
<b>Coût par étudiant<sup>b</sup></b>	<b>89,27 €</b>	<b>3,27 €</b>

*Tableau 13 : Coûts de l'enseignement innovant comparé à l'enseignement traditionnel.*

*a : La location du vidéoprojecteur est incluse dans la location des salles.*

*b : sur la base de 400 étudiants en DCEM3 par an.*

La comparaison avec les données de la littérature est difficile, car l'évaluation médico-économique est la grande oubliée de la recherche en simulation<sup>108</sup>. Le seul article français sur l'intérêt de la simulation en pédiatrie botte en touche : « volontairement, nous n'évoquerons aucune question budgétaire »<sup>109</sup>.

Une seule étude s'est intéressée à comparer la formation « Advanced Life Support » sur mannequin standard (groupe A) et sur mannequin haute-fidélité (groupe B). 78 % des 125 apprenants du groupe A ont passé le test avec succès, et 88 % des 125 apprenants du groupe B ont réussi ce même test, favorisant le mannequin haute-fidélité pour l'apprentissage. En revanche, le coût de la formation total était de 7689 € pour l'enseignement avec mannequin standard versus 29034 € pour l'enseignement avec mannequin haute-fidélité. Sur la base de 125 étudiants, le coût par étudiant était de 392 euros dans le groupe A, contre 1320 euros dans le groupe B<sup>110</sup>.

Le coût de la formation est à mettre en perspective avec les gains financiers pouvant résulter d'une prise en charge plus efficace d'un arrêt cardiaque de l'enfant grâce à l'enseignement sur simulateur.

Ces coûts n'ont pas été évalués à notre connaissance, et nous avons dû nous baser sur des études anglo-saxonnes.

Le coût en termes de perte de productivité secondaire au décès d'un enfant sain était estimé en 1996 à 984 000 dollars si l'enfant a moins d'un an, et 1 034 000 dollars si l'enfant a entre 1 et 4 ans<sup>111</sup>.

Le coût d'un enfant présentant un handicap neurologique sévère est estimé à 2 500 000 dollars si l'enfant vit en établissement spécialisé et que son espérance de vie est de 50 ans<sup>112</sup>.

Une autre approche qui s'est intéressée au coût de l'autisme au Royaume Uni en 2007 estime quant à elle qu'un enfant présentant des troubles autistiques sévères coûte par an 870 à 54 000 euros s'il réside en famille, et 24 000 à 92 300 euros s'il vit en résidence ou à l'hôpital.

Pour un adulte atteint d'autisme, quel que soit la sévérité de son handicap, le coût par an est de 48 000 euros en logement privé, 125 000 euros en résidence médicalisée et 129 000 euros en établissement de soin<sup>113</sup>.

Il est difficile d'extrapoler ces résultats aux hôpitaux pédiatriques parisiens. Mais si la formation par simulation permet d'améliorer la survie des enfants comme tend à le démontrer l'étude d'Andreatta qui retrouve une survie passant de 33 à 50 % après introduction de la simulation<sup>57</sup>, ce sont certainement une centaine de vies et des centaines de millions d'euros qui pourraient être épargnés.

### ***1.3 Diminuer les coûts***

D'une part, l'utilisation plus intensive du mannequin haute-fidélité permettrait de rentabiliser plus rapidement son achat, avec néanmoins le risque de réparations plus fréquentes. Cette utilisation plus intensive pourrait avoir lieu dans le cadre de l'évaluation des étudiants hospitaliers pour leur certificat de compétence clinique. Ou encore au sein des services, dans le cadre d'un programme de formation continue des équipes.

D'autre part, il serait intéressant de partager les coûts.

Un premier moyen serait que la faculté de médecine Pierre et Marie Curie partage le même centre de simulation que d'autres facultés.

Une autre méthode serait de demander aux établissements de soins de participer à cette formation. La simulation a pris son essor après la publication du rapport « To Err is Human », qui pointait du doigt le nombre d'erreurs médicales et leurs conséquences aux Etats-Unis. La formation

des futurs médecins par simulation a pour but d'améliorer les pratiques et d'éviter les erreurs médicales. Il ne paraîtrait pas illogique que le gain financier résultant de la diminution des litiges soit investi dans la formation médicale, et notamment dans les centres de simulation. De plus, la simulation permet non seulement la formation des médecins, mais elle s'adresse plus largement à l'ensemble des personnels soignants, au premier rang desquels les infirmiers et infirmières. Elle permet enfin de d'améliorer le travail en équipe entre les différentes professions de santé, et de travailler la communication entre ces différents acteurs. Autant de raisons qui devraient inciter les établissements hospitaliers à investir financièrement dans ces formations.

## **2/ La Technique limitée pour reproduire le vivant**

La simulation a pour origine le milieu aéronautique, l'industrie nucléaire, la marine marchande. Dans tous ces cas le but est le même qu'en médecine, épargner des vies. Mais la comparaison s'arrête ici. Un simulateur de salle des commandes prépare à opérer dans une salle des commandes. On part d'un simulateur technique pour arriver à un réel... Tableau de bord technique.

En pédiatrie, au contraire, on voudrait utiliser un simulateur technique pour arriver à de la matière vivante, le patient. Plusieurs limites en découlent.

D'une part les mannequins même les plus aboutis restent peu réalistes quand il s'agit de réaliser une prise de sang ou une ponction lombaire. Les signes neurologiques comme les réflexes, les modifications des pupilles, les mouvements ne sont pas encore d'actualité, tout comme les signes cutanés (marbrures, temps de recoloration, cyanose...).

D'autre part la technique pour enseigner l'humain n'existe pas encore. La technique enseigne la technique. C'est donc intéressant dans les domaines de l'anesthésie, de la chirurgie ou de la radiologie, où l'apprentissage de la technique est primordial.

Mais pour apprendre à gérer des situations inattendues, son intérêt est moindre. Car si un simulateur de vol peut mimer de manière exhaustive toutes les pannes possibles d'un avion, c'est qu'un ordinateur de bord est prévisible. Le pilote est formé à gérer des centaines de situations, rares mais prévisibles. Car même en cas d'intervention d'un facteur hasardeux, comme un orage, les réactions de l'avion restent prévisibles.

La vie au contraire fait jeu du hasard et donne naissance à des situations toujours nouvelles. Les réactions en situation de stress du personnel avec lequel on travaille sont également difficilement prévisibles. Un simulateur en santé ne pourra jamais former un médecin à l'ensemble des situations auxquelles il aura à faire face. Il ne peut que le préparer à quelques situations fréquentes et/ou graves.

## V L'Extension de la Simulation et ses Risques

### 1/ Un développement inexorable

Le Dr Oriot écrit dans les Archives de Pédiatrie que « la simulation en médecine en France et plus particulièrement en pédiatrie ne peut que se développer »<sup>109</sup>. C'est vrai.

Plusieurs sociétés rivalisent d'imagination pour étendre la simulation à toutes les situations possibles. En effet, il ne faudrait pas croire que la simulation serait naturellement limitée aux situations d'urgence comme l'arrêt cardiaque. Déjà, des jeux vidéo sérieux (serious game) permettent de s'entraîner à des consultations beaucoup plus classiques, ne nécessitant aucun geste.



*Illustration 3 : Exemple de jeu vidéo sérieux simulant une consultation*

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

### 2/ Le jeu comme méthode d'enseignement

Il n'est pas anodin que le premier fournisseur de matériel de simulation, Laerdal, soit au départ une entreprise de jouets. La simulation et la vidéo présentent certainement un cadre très ludique, qui se traduit par des scores de satisfaction inégalés de la part des étudiants.

La philosophe Hannah Arendt s'était intéressée à la crise de l'éducation aux Etats-Unis dans la seconde moitié du XXe siècle et avait noté que l'« on s'est surtout efforcé de supprimer autant que possible la distinction entre le travail et le jeu, au profit de ce dernier. [...] Ce qui précisément devait préparer l'enfant au monde des adultes, l'habitude acquise peu à peu de travailler au lieu de jouer est supprimée au profit de l'autonomie du monde de l'enfance »<sup>114</sup>

La simulation reste un jeu, à travers lequel l'acquisition de connaissances et compétences est possible. C'est actuellement le meilleur moyen de « satisfaire » les étudiants. Mais à quel type d'exercice médical cela les prépare-t-il ?

### 3/ Une vision idéalisée de la médecine

Pendant l'enseignement sur simulateur, l'étudiant vit la médecine « idéalisée » :

- La mort n'existe plus, puisque les instructeurs doivent s'arranger pour que le mannequin survive quelles que soient les décisions, afin de ne pas créer de traumatisme psychologique.

- La souffrance a disparu, puisque la détresse physique ou psychologique d'un mannequin reste assez éloignée de celle d'un patient.

- L'étudiant devient « tout-puissant », responsable de la prise en charge de l'enfant, capable de donner des ordres à une équipe. La responsabilité ne s'accompagne néanmoins d'aucun risque réel.

- La maladie est standardisée, elle s'offre dans sa forme typique. Même si les instructeurs proposent un cas plus compliqué, l'étudiant sait qu'il existe de toute façon une solution de soigner le cas proposé.

- Le cadre est agréable, avec des instructeurs à son écoute.

Il n'est donc pas étonnant qu'un enseignement par simulation soit plébiscité par les étudiants.

Face à la simulation, les stages cliniques montrent la réalité de la médecine : des rencontres extraordinaires avec des patients et leurs familles, la réalisation des progrès accompli dans la prise en charge d'une pathologie, des gestes maîtrisés, l'admiration pour un médecin compétent. Mais aussi des enfants qui pleurent, qui souffrent, et qui meurent malgré les progrès extraordinaires de la médecine ; des malades sans diagnostic précis, sans traitement efficace ; des malades si complexes qu'il manque encore cinq ans d'études à l'étudiant hospitalier pour s'approprier le cas ; des staffs qui durent des heures consistant pour l'étudiant hospitalier à assister à un débat en langue étrangère sur les facteurs pronostiques génétiques de maladies rares ; des parents parfois vindicatifs, ou qui refusent de laisser examiner leur enfant par l'étudiant hospitalier ; des personnels médicaux et paramédicaux qui selon l'humeur du jour, peuvent être enthousiastes ou démoralisants ; des tâches chronophages jugées ingrates : trier les examens complémentaires, ranger les dossiers, brancarder un patient ; des chefs de clinique et des internes souvent dépassés par le travail en salle, et peu disponibles pour l'enseignement.

Si l'enseignement hospitalier est de plus en plus difficile, il n'en demeure pas moins indispensable à la formation médicale et humaine de l'étudiant. Pour donner la pleine mesure de son efficacité dans la formation des futurs médecins, la simulation doit rester complémentaire des autres formes d'enseignement, et se limiter aux situations où son utilité est clairement établie, l'arrêt cardiaque en étant le meilleur exemple.

## CONCLUSION

---

Depuis 2012, la prise en charge de l'arrêt cardiaque de l'enfant fait l'objet d'un enseignement innovant à la FMPMC, associant en DCEM3 la visualisation d'un film pédagogique et la participation à des ateliers pratiques.

Cette transition pédagogique répond aux recommandations récentes de l'HAS, qui préconise le développement de la simulation en études de santé afin de permettre aux étudiants hospitaliers d'acquérir les compétences nécessaires à leur exercice futur. L'enthousiasme pour cette innovation pédagogique manque pourtant d'une base scientifique solide dans le cadre du 2<sup>ème</sup> cycle des études médicales en France.

Au terme d'une évaluation rigoureuse, nous avons montré que cette nouvelle forme d'enseignement (vidéo et ateliers) à la FMPMC est plébiscitée par les étudiants qui ressentent avoir progressé. En matière de connaissances, l'hétéro-évaluation confirme leur impression : un an après l'enseignement, en début de DCEM4, la rétention des connaissances sur les items concernés est meilleure chez les étudiants qui ont participé à l'enseignement innovant, comparés aux étudiants qui ont assisté au cours traditionnel en amphithéâtre.

En matière de compétence, nous avons observé une meilleure adhérence aux recommandations européennes de prise en charge de l'arrêt cardiaque de l'enfant à l'issue du nouvel enseignement. En revanche, il s'y associe un retard à l'initiation des compressions qui pourrait être préjudiciable à un futur patient.

En pointant certaines faiblesses, ce travail a permis de proposer de nouvelles améliorations à cet enseignement. Dès l'année 2014-2015, les messages délivrés seront légèrement modifiés pour équilibrer l'importance des ventilations et des compressions, et une évaluation individuelle des compétences des étudiants sera mise en place à l'issue de chaque atelier. Les étudiants qui n'auront pas validé cette évaluation devront s'inscrire à une nouvelle session d'enseignement. La validation de la compétence sur la prise en charge de l'ACR de l'enfant sera obligatoire pour valider le module de pédiatrie.

Notre travail plaide pour une évaluation pragmatique des enseignements en santé. Pendant longtemps l'enseignant a été seul juge de son enseignement. Puis les questionnaires de satisfaction ont associé les étudiants à l'exercice. Il faudra désormais compter sur un troisième acteur, le patient. Nous avons montré en effet que la forte satisfaction des étudiants n'est pas forcément associée à l'acquisition de compétences.

Ce travail illustre que le meilleur critère de jugement d'un enseignement médical reste la qualité du soin délivré au patient à son issue. La simulation offre dans ce cadre une révolution, en



permettant une évaluation factice mais réaliste de « l'art de guérir » cher à Armand Trousseau. Elle ouvre la voie à une nouvelle forme d'évaluation de l'enseignement médical s'approchant au plus près de la réalité du patient et de son environnement pour préparer au mieux les étudiants du deuxième cycle aux réalités de leur exercice futur.

## BIBLIOGRAPHIE

---

1. Arrêté du 8 avril 2013 relatif au régime des études en vue du premier et du deuxième cycle des études médicales.
2. Bulletin officiel du 16 mai 2013. Disponible sur <<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid20536/bulletin-officiel.html>>
3. Trousseau, A. Clinique médicale de l'Hôtel-Dieu de Paris. (J.-B. Baillière, 1865).
4. Arrêté du 24 février 2005 relatif à l'organisation des épreuves classantes nationales anonymes donnant accès au troisième cycle des études médicales.
5. Segouin, C. et al. Country report: medical education in France. *Med. Educ.* **41**, 295–301 (2007).
6. Launay, E. et al. ['Traffic lights' in pediatrics: what do residents beginning their family residency know about them?]. *Arch. Pédiatrie Organe Off. Société Fr. Pédiatrie* **21**, 265–271 (2014).
7. Smith, G. B. & Poppett, N. Knowledge of aspects of acute care in trainee doctors. *Postgrad. Med. J.* **78**, 335–338 (2002).
8. Moercke, A. M. & Eika, B. What are the clinical skills levels of newly graduated physicians? Self-assessment study of an intended curriculum identified by a Delphi process. *Med. Educ.* **36**, 472–478 (2002).
9. Goodfellow, P. B. & Claydon, P. Students sitting medical finals--ready to be house officers? *J. R. Soc. Med.* **94**, 516–520 (2001).
10. Burch, V. C. et al. A structured assessment of newly qualified medical graduates. *Med. Educ.* **39**, 723–731 (2005).
11. Paice, E., Rutter, H., Wetherell, M., Winder, B. & McManus, I. C. Stressful incidents, stress and coping strategies in the pre-registration house officer year. *Med. Educ.* **36**, 56–65 (2002).
12. Tallentire, V. R., Smith, S. E., Skinner, J. & Cameron, H. S. Understanding the behaviour of newly qualified doctors in acute care contexts. *Med. Educ.* **45**, 995–1005 (2011).
13. O'Malley, C. D. *The History of Medical Education: An International Symposium Held February 5-9, 1968.* (University of California Press, 1970).
14. Barzansky, B. M. & Gevitz, N. *Beyond Flexner: Medical Education in the Twentieth Century.* (Greenwood Publishing Group, 1992).
15. Ordonnance n°58-1373 du 30 décembre 1958 relative à la création de centres hospitaliers et universitaires, à la réforme de l'enseignement médical et au développement de la recherche médicale.
16. Segouin, C. et al. Des médecins scientifiques ou littéraires ? Une perspective historique française. *Pédagogie Médicale* **8**, 135–144 (2007).
17. Guilbert, J.-J. Quelques précisions à propos de la « réforme Debré ». *Pédagogie Médicale* **8**, 252–253 (2007).
18. Schmidt, H. G. Problem-based learning: rationale and description. *Med. Educ.* **17**, 11–16 (1983).
19. Chamberland, M. [Clinical reasoning learning (CRL) sessions. An example of a contextualized teaching activity adapted to clinical stages in medicine]. *Ann. Médecine Interne* **149**, 479–484 (1998).
20. Serres, M. L'éducation médicale vue par un philosophe. *Pédagogie Médicale* **7**, 135–141 (2006).
21. Text of H.R. 855 (111th): Enhancing Safety in Medicine Utilizing Leading Advanced Simulation Technologies to Improve Outcomes Now ... (Introduced version). GovTrack.us at <<https://www.govtrack.us/congress/bills/111/hr855/text>>
22. La Berge, A. F. The king's midwife: a history and mystery of Madame du Coudray. *Med. Hist.* **44**, 561–562 (2000).
23. Cooper, J. B. & Taqueti, V. R. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Postgrad. Med. J.* **84**, 563–570 (2008).
24. Owen, H., Mugford, B., Follows, V. & Plummer, J. L. Comparison of three simulation-based training methods for management of medical emergencies. *Resuscitation* **71**, 204–211 (2006).
25. Cheng, A., Lang, T. R., Starr, S. R., Pusic, M. & Cook, D. A. Technology-Enhanced Simulation and Pediatric Education: A Meta-analysis. *Pediatrics* (2014). doi:10.1542/peds.2013-2139
26. America, C. on Q. of H. C. in & Medicine, I. of. *To Err Is Human: Building a Safer Health System.* (National Academies Press, 2000).
27. Code de la santé publique - Article L1111-4. <<http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006685767&cidTexte=LEGITEX T000006072665>>

28. HAS. Etat de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. (2012). at <[http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-01/simulation\\_en\\_sante\\_-\\_rapport.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-01/simulation_en_sante_-_rapport.pdf)>
29. Mancini, M. E. et al. Part 12: Education, implementation, and teams: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* **122**, S539–581 (2010).
30. Haute Autorité de Santé. Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé. (2012). at <[http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-01/guide\\_bonnes\\_pratiques\\_simulation\\_sante\\_format2clics.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-01/guide_bonnes_pratiques_simulation_sante_format2clics.pdf)>
31. Le Guen, M., Roulleau, P., Cheisson, G., Benhamou, D. & Fischler, M. [Introduction of high-fidelity simulation on pregraduated medical students]. *Ann. Fr. Anesthésie Réanimation* **32**, 124–125 (2013).
32. Atkins, D. L. et al. Epidemiology and outcomes from out-of-hospital cardiac arrest in children: the Resuscitation Outcomes Consortium Epistry-Cardiac Arrest. *Circulation* **119**, 1484–1491 (2009).
33. Kitamura, T. et al. Conventional and chest-compression-only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children who have out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *Lancet* **375**, 1347–1354 (2010).
34. Bardai, A. et al. Incidence, causes, and outcomes of out-of-hospital cardiac arrest in children. A comprehensive, prospective, population-based study in the Netherlands. *J. Am. Coll. Cardiol.* **57**, 1822–1828 (2011).
35. Jayaram, N. et al. Hospital Variation in Survival After Pediatric In-Hospital Cardiac Arrest. *Circ. Cardiovasc. Qual. Outcomes* (2014). doi:10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000691
36. Reis, A. G., Nadkarni, V., Perondi, M. B., Grisi, S. & Berg, R. A. A prospective investigation into the epidemiology of in-hospital pediatric cardiopulmonary resuscitation using the international Utstein reporting style. *Pediatrics* **109**, 200–209 (2002).
37. Suominen, P. et al. Utstein style reporting of in-hospital paediatric cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* **45**, 17–25 (2000).
38. Tibballs, J. & Kinney, S. A prospective study of outcome of in-patient paediatric cardiopulmonary arrest. *Resuscitation* **71**, 310–318 (2006).
39. Knudson, J. D. et al. Prevalence and outcomes of pediatric in-hospital cardiopulmonary resuscitation in the United States: an analysis of the Kids' Inpatient Database\*. *Crit. Care Med.* **40**, 2940–2944 (2012).
40. Gupta, P. et al. Epidemiology And Outcomes Of In-Hospital Cardiac Arrest In Critically Ill Children Across Hospitals Of Varied Center Volume: A Multi-Center Analysis. *Resuscitation* (2014). doi:10.1016/j.resuscitation.2014.07.016
41. Nadkarni, V. M. et al. First documented rhythm and clinical outcome from in-hospital cardiac arrest among children and adults. *JAMA J. Am. Med. Assoc.* **295**, 50–57 (2006).
42. López-Herce, J. et al. Characteristics and outcome of cardiorespiratory arrest in children. *Resuscitation* **63**, 311–320 (2004).
43. Moler, F. W. et al. In-hospital versus out-of-hospital pediatric cardiac arrest: a multicenter cohort study. *Crit. Care Med.* **37**, 2259–2267 (2009).
44. Young, K. D., Gausche-Hill, M., McClung, C. D. & Lewis, R. J. A prospective, population-based study of the epidemiology and outcome of out-of-hospital pediatric cardiopulmonary arrest. *Pediatrics* **114**, 157–164 (2004).
45. Huang, S.-C. et al. Eleven years of experience with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for paediatric patients with in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* **83**, 710–714 (2012).
46. Thiagarajan, R. R., Laussen, P. C., Rycus, P. T., Bartlett, R. H. & Bratton, S. L. Extracorporeal membrane oxygenation to aid cardiopulmonary resuscitation in infants and children. *Circulation* **116**, 1693–1700 (2007).
47. Meaney, P. A. et al. Higher survival rates among younger patients after pediatric intensive care unit cardiac arrests. *Pediatrics* **118**, 2424–2433 (2006).
48. Samson, R. A. et al. Outcomes of in-hospital ventricular fibrillation in children. *N. Engl. J. Med.* **354**, 2328–2339 (2006).
49. Girotra, S. et al. Survival trends in pediatric in-hospital cardiac arrests: an analysis from Get With the Guidelines-Resuscitation. *Circ. Cardiovasc. Qual. Outcomes* **6**, 42–49 (2013).
50. Hunt, E. A. et al. Delays and errors in cardiopulmonary resuscitation and defibrillation by pediatric residents during simulated cardiopulmonary arrests. *Resuscitation* **80**, 819–825 (2009).

51. Hunt, E. A., Walker, A. R., Shaffner, D. H., Miller, M. R. & Pronovost, P. J. Simulation of in-hospital pediatric medical emergencies and cardiopulmonary arrests: highlighting the importance of the first 5 minutes. *Pediatrics* **121**, e34–43 (2008).
52. Nolan, J. P. et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation* **81**, 1219–1276 (2010).
53. Fraser, K. et al. Emotion, cognitive load and learning outcomes during simulation training. *Med. Educ.* **46**, 1055–1062 (2012).
54. Marsch, S. C. U. et al. Human factors affect the quality of cardiopulmonary resuscitation in simulated cardiac arrests. *Resuscitation* **60**, 51–56 (2004).
55. Hunziker, S. et al. Hands-on time during cardiopulmonary resuscitation is affected by the process of teambuilding: a prospective randomised simulator-based trial. *BMC Emerg. Med.* **9**, 3 (2009).
56. Wayne, D. B. et al. Simulation-based education improves quality of care during cardiac arrest team responses at an academic teaching hospital: a case-control study. *Chest* **133**, 56–61 (2008).
57. Andreatta, P., Saxton, E., Thompson, M. & Annich, G. Simulation-based mock codes significantly correlate with improved pediatric patient cardiopulmonary arrest survival rates. *Pediatr. Crit. Care Med. J. Soc. Crit. Care Med. World Fed. Pediatr. Intensive Crit. Care Soc.* **12**, 33–38 (2011).
58. Braslow, A. et al. CPR training without an instructor: development and evaluation of a video self-instructional system for effective performance of cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* **34**, 207–220 (1997).
59. Todd, K. H. et al. Randomized, controlled trial of video self-instruction versus traditional CPR training. *Ann. Emerg. Med.* **31**, 364–369 (1998).
60. Programme d'Enseignement de la Pédiatrie par Internet et les Technologies Electroniques. at <[http://www.fmPMC.upmc.fr/fr/pedagogie\\_et\\_evaluation/sites\\_de\\_specialites/pepite2.html](http://www.fmPMC.upmc.fr/fr/pedagogie_et_evaluation/sites_de_specialites/pepite2.html)>
61. Kirkpatrick, D. L. *Evaluating Training Programs: The Four Levels.* (Berrett-Koehler Publishers, 1998).
62. Mosley, C., Dewhurst, C., Molloy, S. & Shaw, B. N. What is the impact of structured resuscitation training on healthcare practitioners, their clients and the wider service? A BEME systematic review: BEME Guide No. 20. *Med. Teach.* **34**, e349–385 (2012).
63. Donoghue, A., Nishisaki, A., Sutton, R., Hales, R. & Boulet, J. Reliability and validity of a scoring instrument for clinical performance during Pediatric Advanced Life Support simulation scenarios. *Resuscitation* **81**, 331–336 (2010).
64. Cheng, A. et al. Designing and conducting simulation-based research. *Pediatrics* **133**, 1091–1101 (2014).
65. Schmutz, J., Eppich, W. J., Hoffmann, F., Heimberg, E. & Manser, T. Five steps to develop checklists for evaluating clinical performance: an integrative approach. *Acad. Med. J. Assoc. Am. Med. Coll.* **89**, 996–1005 (2014).
66. Wayne, D. B. et al. Simulation-based training of internal medicine residents in advanced cardiac life support protocols: a randomized trial. *Teach. Learn. Med.* **17**, 210–216 (2005).
67. Ten Eyck, R. P., Tews, M. & Ballester, J. M. Improved medical student satisfaction and test performance with a simulation-based emergency medicine curriculum: a randomized controlled trial. *Ann. Emerg. Med.* **54**, 684–691 (2009).
68. Mundell, W. C., Kennedy, C. C., Szostek, J. H. & Cook, D. A. Simulation technology for resuscitation training: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* **84**, 1174–1183 (2013).
69. Lo, B. M. et al. Comparison of traditional versus high-fidelity simulation in the retention of ACLS knowledge. *Resuscitation* **82**, 1440–1443 (2011).
70. Rosser, J. C. et al. Effectiveness of a CD-ROM multimedia tutorial in transferring cognitive knowledge essential for laparoscopic skill training. *Am. J. Surg.* **179**, 320–324 (2000).
71. Ramshaw, B. J. et al. The role of multimedia interactive programs in training for laparoscopic procedures. *Surg. Endosc.* **15**, 21–27 (2001).
72. Thomson, N. M., Campbell, D. E. & O'Leary, F. M. Teaching medical students to resuscitate children: an innovative two-part programme. *Emerg. Med. Australas. EMA* **23**, 741–747 (2011).
73. Ilgen, J. S., Sherbino, J. & Cook, D. A. Technology-enhanced simulation in emergency medicine: a systematic review and meta-analysis. *Acad. Emerg. Med. Off. J. Soc. Acad. Emerg. Med.* **20**, 117–127 (2013).
74. Lee, J. C., Boyd, R. & Stuart, P. Randomized controlled trial of an instructional DVD for clinical skills teaching. *Emerg. Med. Australas. EMA* **19**, 241–245 (2007).

75. Batcheller, A. M., Brennan, R. T., Braslow, A., Urrutia, A. & Kaye, W. Cardiopulmonary resuscitation performance of subjects over forty is better following half-hour video self-instruction compared to traditional four-hour classroom training. *Resuscitation* **43**, 101–110 (2000).
76. Todd, K. H. et al. Simple CPR: A randomized, controlled trial of video self-instructional cardiopulmonary resuscitation training in an African American church congregation. *Ann. Emerg. Med.* **34**, 730–737 (1999).
77. Hunt, E. A. et al. Pediatric resident resuscitation skills improve after ‘rapid cycle deliberate practice’ training. *Resuscitation* **85**, 945–951 (2014).
78. Kramer-Johansen, J., Edelson, D. P., Losert, H., Köhler, K. & Abella, B. S. Uniform reporting of measured quality of cardiopulmonary resuscitation (CPR). *Resuscitation* **74**, 406–417 (2007).
79. Mosley, C. M. J. & Shaw, B. N. J. A longitudinal cohort study to investigate the retention of knowledge and skills following attendance on the Newborn Life support course. *Arch. Dis. Child.* **98**, 582–586 (2013).
80. Gaies, M. G. et al. Reforming procedural skills training for pediatric residents: a randomized, interventional trial. *Pediatrics* **124**, 610–619 (2009).
81. Mileder, L. P. Analysing 2010 resuscitation guidelines: what is the current level of evidence regarding simulation? *Resuscitation* **85**, e45 (2014).
82. Berg, R. A., Hilwig, R. W., Kern, K. B. & Ewy, G. A. Bystander‘ chest compressions and assisted ventilation independently improve outcome from piglet asphyxial pulseless ‘cardiac arrest. *Circulation* **101**, 1743–1748 (2000).
83. Sutton, R. M. et al. 2010 American Heart Association recommended compression depths during pediatric in-hospital resuscitations are associated with survival. *Resuscitation* (2014). doi:10.1016/j.resuscitation.2014.05.007
84. Stone, K. et al. Increasing pediatric resident simulated resuscitation performance: a standardized simulation-based curriculum. *Resuscitation* **85**, 1099–1105 (2014).
85. Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Lee Gordon, D. & Scalese, R. J. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med. Teach.* **27**, 10–28 (2005).
86. Cook, D. A. et al. Comparative effectiveness of instructional design features in simulation-based education: systematic review and meta-analysis. *Med. Teach.* **35**, e867–898 (2013).
87. Motola, I., Devine, L. A., Chung, H. S., Sullivan, J. E. & Issenberg, S. B. Simulation in healthcare education: a best evidence practical guide. AMEE Guide No. 82. *Med. Teach.* **35**, e1511–1530 (2013).
88. McManus, I. C., Richards, P., Winder, B. C. & Sproston, K. A. Clinical experience, performance in final examinations, and learning style in medical students: prospective study. *BMJ* **316**, 345–350 (1998).
89. Morgan, P. J. & Cleave-Hogg, D. Comparison between medical students’ experience, confidence and competence. *Med. Educ.* **36**, 534–539 (2002).
90. Marteau, T. M., Wynne, G., Kaye, W. & Evans, T. R. Resuscitation: experience without feedback increases confidence but not skill. *BMJ* **300**, 849–850 (1990).
91. McGaghie, W. C. *International Best Practices for Evaluation in the Health Professions.* (Radcliffe Publishing, 2013).
92. Schull, M. J., Ferris, L. E., Tu, J. V., Hux, J. E. & Redelmeier, D. A. Problems for clinical judgement: 3. Thinking clearly in an emergency. *CMAJ Can. Med. Assoc. J. J. Assoc. Medicale Can.* **164**, 1170–1175 (2001).
93. Barnsley, L. et al. Clinical skills in junior medical officers: a comparison of self-reported confidence and observed competence. *Med. Educ.* **38**, 358–367 (2004).
94. Salas, E. et al. Debriefing medical teams: 12 evidence-based best practices and tips. *Jt. Comm. J. Qual. Patient Saf. Jt. Comm. Resour.* **34**, 518–527 (2008).
95. Cheng, A. et al. Debriefing for technology-enhanced simulation: a systematic review and meta-analysis. *Med. Educ.* **48**, 657–666 (2014).
96. Kirkbright, S. et al. Audiovisual feedback device use by health care professionals during CPR: a systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised trials. *Resuscitation* **85**, 460–471 (2014).
97. LeFlore, J. L. & Anderson, M. Effectiveness of 2 methods to teach and evaluate new content to neonatal transport personnel using high-fidelity simulation. *J. Perinat. Neonatal Nurs.* **22**, 319–328 (2008).
98. LeFlore, J. L., Anderson, M., Michael, J. L., Engle, W. D. & Anderson, J. Comparison of self-directed learning versus instructor-modeled learning during a simulated clinical experience. *Simul. Healthc. J. Soc. Simul. Healthc.* **2**, 170–177 (2007).
99. Anders, K., Krampe, R. T. & Tesch-Römer, C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychol. Rev.* **100**, 363–406 (1993).

100. Ericsson, K. A. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad. Med. J. Assoc. Am. Med. Coll.* **79**, S70–81 (2004).
101. Campitelli, G. & Gobet, F. Deliberate Practice Necessary But Not Sufficient. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* **20**, 280–285 (2011).
102. Auerbach, M., Kessler, D. & Foltin, J. C. Repetitive pediatric simulation resuscitation training. *Pediatr. Emerg. Care* **27**, 29–31 (2011).
103. Aggarwal, R. et al. An evidence-based virtual reality training program for novice laparoscopic surgeons. *Ann. Surg.* **244**, 310–314 (2006).
104. Oermann, M. H., Kardong-Edgren, S. E. & Odom-Maryon, T. Effects of monthly practice on nursing students' CPR psychomotor skill performance. *Resuscitation* **82**, 447–453 (2011).
105. Sutton, R. M. et al. Low-dose, high-frequency CPR training improves skill retention of in-hospital pediatric providers. *Pediatrics* **128**, e145–151 (2011).
106. Niles, D. et al. 'Rolling Refreshers': a novel approach to maintain CPR psychomotor skill competence. *Resuscitation* **80**, 909–912 (2009).
107. Arrêté du 12 juillet 2010 relatif à l'indemnisation de la continuité des soins et de la permanence pharmaceutique dans les établissements publics de santé et dans les établissements publics d'hébergement pour les personnes âgées dépendantes.
108. Zendejas, B., Wang, A. T., Brydges, R., Hamstra, S. J. & Cook, D. A. Cost: the missing outcome in simulation-based medical education research: a systematic review. *Surgery* **153**, 160–176 (2013).
109. Oriot, D., Boureau-Voultoury, A., Ghazali, A., Brèque, C. & Scépi, M. [Value of simulation in pediatrics]. *Arch. Pédiatrie Organe Off. Société Fr. Pédiatrie* **20**, 667–672 (2013).
110. Iglesias-Vázquez, J. A. et al. Cost-efficiency assessment of Advanced Life Support (ALS) courses based on the comparison of advanced simulators with conventional manikins. *BMC Emerg. Med.* **7**, 18 (2007).
111. Tucker, A. W. et al. Cost-effectiveness analysis of a rotavirus immunization program for the United States. *JAMA J. Am. Med. Assoc.* **279**, 1371–1376 (1998).
112. Shepard, C. W., Ortega-Sanchez, I. R., Scott, R. D., Rosenstein, N. E. & ABCs Team. Cost-effectiveness of conjugate meningococcal vaccination strategies in the United States. *Pediatrics* **115**, 1220–1232 (2005).
113. Le coût économique et social de l'autisme. <<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/124000553/index.shtml>>
114. Arendt, H. *La crise de la culture: huit exercices de pensée politique.* (Gallimard, 1989).

## **Evaluation d'un programme d'enseignement innovant associant film pédagogique et ateliers de simulation pour la formation à l'arrêt cardiaque de l'enfant des étudiants hospitaliers**

- Rationnel : La simulation est une innovation pédagogique promue par la HAS pour la formation initiale et continue des professionnels de santé. Un enseignement innovant associant un film pédagogique et 3 heures d'exercices sur simulateur a été instauré en 2012 à la faculté Pierre et Marie Curie pour enseigner les détresses vitales de l'enfant jusqu'à l'arrêt cardiaque aux étudiants hospitaliers. L'objectif de ce travail est d'évaluer son efficacité.

- Méthodes : Les connaissances des étudiants de 3<sup>e</sup> année du deuxième cycle des études médicales ont été évaluées avant, après, et 6 à 12 mois après l'enseignement innovant. Une mise en situation sur mannequin haute-fidélité a permis d'évaluer leurs compétences (respect de la séquence de prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire (ACR), fraction de temps sans compression et fraction de temps sans ventilation).

- Résultats : 809 des 860 (94%) étudiants ont rempli le test de connaissance. 6 à 12 mois après l'enseignement, les étudiants ayant suivi l'enseignement innovant avaient un meilleur score que le groupe ayant reçu le cours classique en amphithéâtre ( $p < 0.001$ ). 69 étudiants ont été évalués sur leurs compétences. Le respect de la séquence de prise en charge de l'ACR est meilleure après participation à l'enseignement innovant ( $p < 0.01$ ). Néanmoins, les fractions de temps sans compression et sans ventilation n'ont pas été améliorées.

- Conclusion : L'enseignement innovant permet une meilleure rétention des connaissances et un plus grand respect de l'algorithme de prise en charge de l'ACR de l'enfant. Il sera adapté dès 2014-2015 afin d'améliorer l'efficacité et la précocité du massage cardiaque externe et de la ventilation.

**Mots clés :** Pédagogie médicale ; arrêt cardiopulmonaire ; simulation ; compétence clinique ; étudiant hospitalier ; pédiatrie.

## **Successes and limitations of an innovative pedagogic course combining video and simulation to teach pediatric cardio-pulmonary arrest to medical students in a French medical university**

In many French medical universities, pediatric cardiopulmonary arrest (pCPA) is often taught to medical students in one-hour traditional lecture. We developed an innovative pedagogic course combining a 23-minute video and 3 hours of simulation exercises that may improve knowledge and skills of medical students.

- *Methods:* students' knowledge of pCPA was tested before, just after, and 6-12 months after the innovative course and compared to those of a previous cohort who attended the traditional lecture. Students' skills were assessed on a high-fidelity mannequin simulator that developed a cardiopulmonary arrest, and were compared to a control group who had no intervention.

- *Main outcome measures:* Student's knowledge was assessed by a multiple choice questionnaire. The parameters for testing skills were the steps and the sequence of resuscitation, the time to initiate compression and ventilation, and no-flow and no-blow fractions.

- *Results:* 809 of 860 (94%) medical students were assessed for knowledge. 6-12 months after the courses, the median score was significantly higher for the innovative group than for the traditional lecture group ( $p < 0.001$ ). A subgroup of 69 students was assessed for skills. The innovative group scored higher on the sequence score than the control group ( $p < 0.01$ ), but no differences were observed for time to ventilation, no-flow and no-blow fractions.

- *Conclusion:* Combination of video and simulation allows better retention of knowledge than a traditional lecture. To improve future medical students' skills, medical universities should highlight the importance of minimizing "no blow" and "no flow" fraction on equal basis.

**Key words:** Medical education; cardiopulmonary resuscitation; patient simulation; clinical competence; undergraduate; pediatrics.