



HAL
open science

La simulation dans l'apprentissage de l'endodontie

Yoram Aben-Danan

► **To cite this version:**

Yoram Aben-Danan. La simulation dans l'apprentissage de l'endodontie. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-02043210

HAL Id: dumas-02043210

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02043210>

Submitted on 21 Feb 2019

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

UNIVERSITE PARIS DIDEROT - PARIS 7

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année 2017

Thèse N°: 5124

N° attribué par la bibliothèque : 2017PA07G029

THESE pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR

en CHIRURGIE DENTAIRE

présentée et soutenue publiquement le

par **Yoram ABEN-DANAN**

**LA SIMULATION DANS L'APPRENTISSAGE
DE L'ENDODONTIE**

Directeur de these: Monsieur le Professeur Stéphane Simon

JURY

M. le Professeur Pierre COLON

Président

Mme le Docteur Julia BOSCO

Assesseur

Mme le Docteur Aline HARTMANN

Assesseur

Mme le Docteur Nelly PRADELLE

Assesseur

M. le Professeur Stéphane SIMON

Assesseur

UNIVERSITE PARIS DIDEROT – PARIS 7

Présidente de l'Université :

Mme la Professeure Christine CLERICI

Doyen de l'U.F.R. d'Odontologie :

Mme la Professeure Ariane BERDAL

Directrice Générale des Services :

Madame Pascale SAINT-CYR

JURY

M. le Professeur Pierre COLON

Président

Mme le Docteur Julia BOSCO

Assesseur

Mme le Docteur Aline HARTMANN

Assesseur

Mme le Docteur Nelly PRADELLE

Assesseur

M. le Professeur Stéphane SIMON

Assesseur

M. le Professeur Pierre COLON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence du jury de cette thèse. Merci pour votre disponibilité pendant mes deux années de clinique à l'hôpital Rothschild. Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde et respectueuse considération.

Mme le Docteur Julia BOSCO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous nous faites en participant au jury de cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mon plus profond respect.

Mme le Docteur Aline HARTMANN

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous nous faites en participant au jury de cette thèse, pour la qualité de votre enseignement et votre disponibilité au sein du service d'odontologie de Rothschild. Veuillez trouver ici l'expression de mon plus profond respect.

Mme le Docteur Nelly PRADELLE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous nous faites en participant au jury de cette thèse, pour la qualité de votre enseignement et votre disponibilité au sein du service d'odontologie de Rothschild. Veuillez trouver ici l'expression de mon plus profond respect.

M. le Professeur Stéphane SIMON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous m'avez fait en acceptant la direction de ce travail, pour votre disponibilité et votre patience. Merci de l'intérêt que vous avez porté à cette thèse et surtout de la confiance que vous m'avez accordée. Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance et de mes plus sincères remerciements.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	3
1. LA SIMULATION POUR L'APPRENTISSAGE DANS LA LITTÉRATURE MÉDICALE ET ODONTOLOGIQUE.....	5
1.1. ASPECTS THÉORIQUES	5
1.1.1. Opposition entre modèle classique d'enseignement et enseignement par la simulation.....	5
1.1.2. Principes béhavioristes et simulation	7
1.1.3. Principes constructivistes et simulation	7
1.2. AVANTAGES DE LA SIMULATION	7
1.2.1. La réduction du risque.....	8
1.2.2. Le suivi de la progression.....	8
1.2.3. L'impact sur les soins.....	8
1.2.4. La remise à niveau.....	8
1.2.5. Une mise en condition au plus près du réel.....	9
1.3. LIMITES DE LA SIMULATION	9
1.3.1. Le rapport coût / bénéfice.....	9
1.3.2. La difficulté d'évaluer les progrès	10
1.4. LES MOYENS TECHNIQUES	11
1.4.1. Le patient virtuel : gestion clinique sur ordinateur.....	11
1.4.2. Le patient synthétique ou mannequin.....	14
1.4.3. La réalité virtuelle	17
1.4.4. Le patient standardisé.....	19
1.4.5. L'utilisation de cadavres	21

1.5.	LES SIMULATEURS EN ENDODONTIE.....	23
1.5.1.	Les dents naturelles	23
1.5.2.	Les simulateurs réels	26
1.5.3.	Les simulateurs virtuels interactifs en trois dimensions.....	33
1.6.	L'ÉVALUATION EN SIMULATION	35
1.6.1.	Intérêts	36
1.6.2.	Limites.....	37
2.	PROJET PÉDAGOGIQUE	39
2.1.	LOGICIEL UTILISÉ.....	39
2.1.1.	Description	39
2.1.2.	Grandes étapes d'utilisation	40
2.2.	CONSTRUCTION DU SCÉNARIO : CAS D'UNE PULPITE IRRÉVERSIBLE ..	44
2.2.1.	Un contexte	44
2.2.2.	Du contenu	45
2.2.3.	Une évaluation.....	47
2.2.4.	Décision finale.....	48
2.3.	FICHE SIGNALÉTIQUE.....	64
2.3.1.	Dialogues.....	65
2.3.2.	Contenu média.....	67
2.3.3.	Quizz	68
	CONCLUSION.....	69
	BIBLIOGRAPHIE	70

INTRODUCTION

Bien que les évolutions matérielles aient grandement facilité les procédures thérapeutiques, notamment en Endodontie, il n'en demeure pas moins que la qualité du traitement reste opérateur-dépendante. Plusieurs études démontrent que la courbe d'apprentissage varie en fonction de l'individu et des technologies utilisées.

Les universités de médecine sont actuellement confrontées à un changement dans leur méthode d'enseignement. En effet, il devient difficile pour l'éducation médicale de rester à jour dans son programme d'études, et pour cause l'information médicale et la recherche ne cessent d'augmenter.

La chirurgie dentaire, exigeante en matière d'éducation, requiert un curriculum nécessitant l'acquisition de compétences à la fois cliniques et techniques. L'odontologie amène l'étudiant à prodiguer des soins encadrés très tôt dans son cursus. En France, théorie et pratique ne sont pas dissociées.

Le passage à l'exercice clinique passe par une phase d'apprentissage dite « pré-clinique » au cours de laquelle l'apprenant, qu'il s'agisse d'un étudiant débutant ou d'un praticien en formation post-universitaire, utilise des simulateurs censés reproduire la situation clinique à venir.

La simulation est la représentation artificielle d'un processus réel complexe avec une fidélité suffisante dans le but de faciliter l'apprentissage par l'immersion, la réflexion, la rétroaction et la pratique en éliminant les risques inhérents à une expérience en situation réelle. La simulation médicale propose de nombreuses stratégies potentielles pour une formation théorique et pratique, offrant ainsi des soins plus sûrs pour les patients. C'est une technique, plutôt qu'une simple technologie qui favorise l'apprentissage expérientiel et réflexif. Il s'agit également d'une stratégie clé pour enseigner les compétences en gestion des ressources lors de situations de crise.

Cependant, depuis quelques années, les centres de formation initiale, sont confrontés à un problème récurrent qui a tendance à s'aggraver, comme cela a été soulevé au cours d'une réunion d'un groupe de travail sur le sujet (congrès ADEE 2015, groupe de travail ESE, rapporté par le Pr Stéphane Simon présent à cette réunion et représentant l'UFR d'odontologie de Paris Diderot). D'après une enquête faite auprès des centres de formations européens, il apparaît que le nombre de traitements endodontiques effectués par les étudiants au cours de leur formation initiale varie considérablement entre les universités : de 1 à 40 patients traités par étudiant au cours de son cycle de formation clinique. Les items de l'enquête révèlent que cette disparité est liée principalement au manque de patients nécessitant un traitement endodontique consultant dans les centres de soins hospitalo-universitaires.

Face à cette difficulté, il a été proposé au cours de cette séance de travail de réfléchir au problème de la simulation qui jusqu'alors consistait uniquement à simuler les actes soit sur des cubes en plastiques, soit sur des dents naturelles. Ces dernières étant également de plus en

plus difficiles d'accès, à la fois par la diminution du nombre d'extractions, mais également pour des raisons éthiques, l'utilisation de dents extraites étant restreinte voire interdite dans certains pays.

L'objectif de ce travail de thèse est, dans un premier temps, de faire le point sur la simulation pour l'apprentissage en médecine et en odontologie. Cette synthèse concernera à la fois les moyens techniques, mais également les simulations de situation et leur évaluation sur l'effet escompté et validé auprès des apprenants.

Dans une seconde partie, nous proposerons la mise en place d'une simulation de prise en charge d'un patient, de la première consultation à la réalisation de l'acte dans des conditions proches de celles rencontrées en clinique, et nous verrons comment les simulateurs en résine, peuvent être intégrés à cet exercice. La production finale de ce travail consistera en la réalisation d'un *serious game* (ou « jeu sérieux ») et permettra de proposer un scénario, mais également les outils pour simuler une situation clinique d'urgence d'origine endodontique. Ces outils pourront ainsi être utilisés dans le cadre de la formation des étudiants dans la phase préclinique.

1. LA SIMULATION POUR L'APPRENTISSAGE DANS LA LITTÉRATURE MÉDICALE ET ODONTOLOGIQUE

La simulation s'affirme comme une méthode pédagogique incontournable pour tous les professionnels de santé. De nombreuses études et publications permettent d'en déterminer les objectifs, les moyens techniques disponibles pour les atteindre, mais également ses avantages et ses limites.

1.1. ASPECTS THÉORIQUES

1.1.1. Opposition entre modèle classique d'enseignement et enseignement par la simulation

Le principe actuel de l'enseignement médical s'appuie sur l'articulation de l'acquisition de connaissances et l'acquisition de compétences, renforcée par le modèle « *see one, do one, teach one* » (en français, « *Observe, pratique, apprend* »). L'apprentissage composé d'une étape d'observation d'un geste ou d'une technique puis d'une étape de réalisation pratique en conditions réelles est une séquence largement acceptée et utilisée dans la formation médicale (Fig. 1). L'étape d'observation peut être un cours, une revue de littérature ou une formation de pratique clinique. Une fois les techniques observées, les étudiants doivent les reproduire avec un encadrement garantissant l'absence de risques pour les patients.

La réalité pratique est actuellement différente en ce sens où un afflux d'étudiants et un manque de formateurs et de patients « standardisés » pour l'apprentissage des gestes sont notables. L'environnement pédagogique classique fait intervenir la restitution par les étudiants de raisonnements diagnostiques et thérapeutiques parfois complexes sans démonstration de la maîtrise de techniques parfois indispensables à la prise en charge des patients. Il est ainsi courant de constater au travers des examens écrits ou de l'observation des étudiants, l'existence de lacunes dans la maîtrise de certaines techniques ou dans le comportement en équipe soignante.

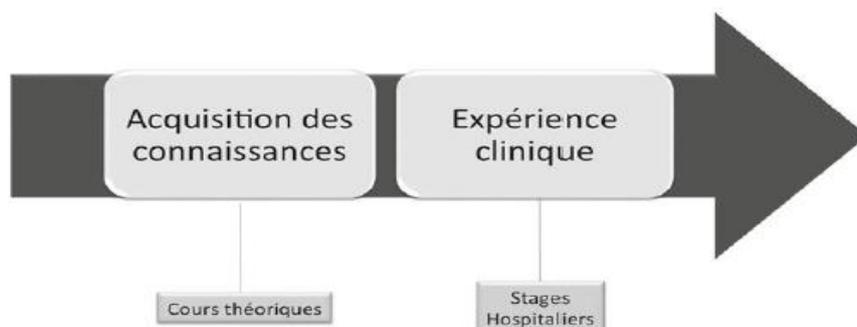


Fig 1. Modèle classique d'acquisition des connaissances durant les études médicales (Hodges et al., 2013)

En ce sens, la simulation médicale est un outil puissant qui permet de compléter l'expérience clinique offerte aux étudiants hospitaliers, en renforçant l'apprentissage cognitif, en augmentant la possibilité de réaliser des raisonnements diagnostiques et des gestes thérapeutiques, et en intégrant la dimension de l'équipe soignante sans menaces pour la sécurité des patients.

Les techniques de simulation médicale ne sont pas nouvelles et ont déjà été utilisées au sein de programmes pédagogiques. Cependant, leur utilisation a été largement réactualisée et repensée grâce au développement de nouvelles théories cognitives, à l'analyse des causes d'erreurs médicales et d'accidents iatrogènes. Tous ces aspects peuvent et doivent être enseignés par des approches et des outils complémentaires des modèles classiques de formation en Santé (Fig. 2).

Un des aspects important de la pédagogie médicale est de pouvoir s'assurer que l'enseignement effectué est effectivement reçu, intégré et compris par les étudiants. C'est un pré-requis indispensable avant de pouvoir demander la mise en pratique de raisonnements diagnostiques ou thérapeutiques par exemple.

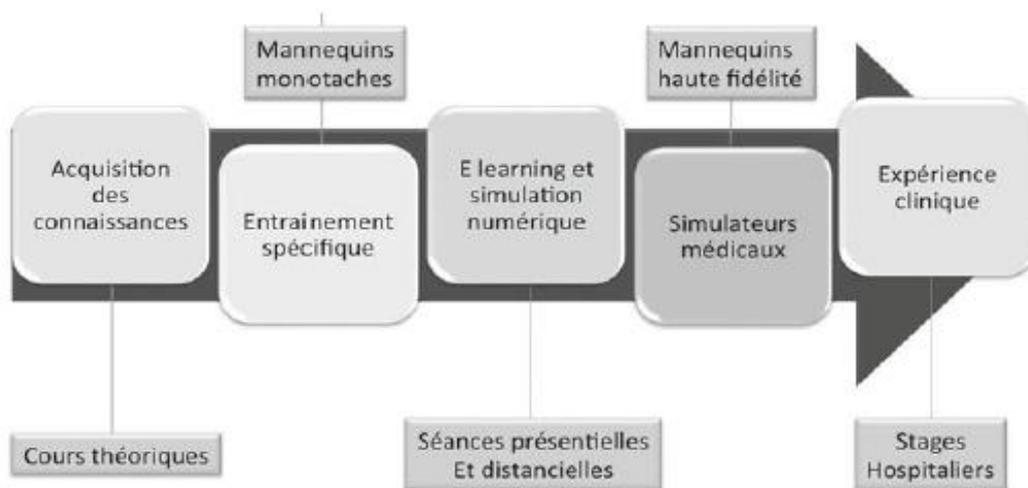


Fig 2. Articulation de l'enseignement par simulation avec l'enseignement classique (Hodges et al., 2013)

L'ensemble des théories constructivistes, humanistes et sociales ont fondé un certain nombre de principes pédagogiques structurant les interventions et les méthodes d'enseignement et promouvant, entre autres, les dispositifs de formation utilisant la stimulation.

A ce titre, la simulation n'est autre qu'un outil pédagogique dont l'utilisation doit s'adosser à un cadre théorique explicite, pour en déduire ses objectifs et ses règles en éducation médicale. En effet, ces principes d'utilisation pourront être sensiblement différents, voire opposés, suivant le cadre théorique de référence.

1.1.2. Principes béhavioristes et simulation

Un courant fonctionnaliste du béhaviorisme certifie que l'on « *apprend en faisant* » (en anglais, « *learning by doing* »). L'apprentissage se fait ici sans réflexion sur l'action, il est la résultante de la répétition des séances de simulation induisant une succession de réussite et d'erreurs, de renforcements positifs et négatifs, sources d'apprentissage selon la théorie comportementaliste. En somme, la simulation peut donc tout à fait être utilisée comme méthode pédagogique dans un cadre béhavioriste. En revanche, l'apprentissage se situe uniquement dans l'expérience concrète, sans explications des connaissances mobilisées.

1.1.3. Principes constructivistes et simulation

Selon ces principes, l'apprenant commence son apprentissage avec un jeu de connaissances antérieures bien organisées dans un cadre conceptuel. Lors de la « prébrief session » qui initie la séance de simulation, il est recommandé de prendre en considération les connaissances antérieures. Lors du débriefing, on travaillera sur le conflit cognitif déclenché par l'apport de notions nouvelles, dans le but d'obtenir l'assimilation de ces connaissances.

1.2. AVANTAGES DE LA SIMULATION

La recherche constante d'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins, centrés sur les patients, et les avancées dans les concepts et les outils pédagogiques obligent les différents acteurs de formation en santé à faire évoluer les méthodes d'enseignement médical. Ceci, en renforçant la part active et interactive de l'apprentissage, notamment en la ramenant à une expérience pratique, en la centrant sur des problématiques et en y intégrant la notion de gestion des risques et de performance.

A ce titre, il est particulièrement important de pouvoir proposer d'améliorer les programmes pédagogiques existants en y intégrant des solutions innovantes dont l'efficacité a été démontrée (*evidence-based education*), permettant d'incorporer ces différentes notions dans l'apprentissage des étudiants.

Ceci peut être réalisé en ajoutant au sein des programmes pédagogiques existants, et après avoir bien évalué les besoins pédagogiques, différentes solutions de simulation, permettant ainsi d'apporter une valeur pédagogique importante. L'avantage majeur de ces solutions est de pouvoir entraîner des étudiants à la pratique médicale dans différents domaines et dans des conditions quasi-réelles, sans aucun risque pour eux ou pour leur patient. L'intérêt principal est de pouvoir articuler ces outils de formation avec les autres modalités d'apprentissage, pour optimiser la valeur pédagogique de leur association.

1.2.1. La réduction du risque

L'un des avantages les plus significatifs de l'éducation médicale moderne basée sur la simulation (en anglais « modern *simulation-based medical education* » ou *SBME*) est la réduction du risque pour les patients. En effet, elle offre la possibilité de pratiquer des actes avant de les effectuer sur des patients réels. De nombreuses manipulations, telles que l'intubation, la mise en place d'un cathéter veineux ou cardiaque, engendrent un risque significatif pour le patient. Utiliser des équipements de simulation par ordinateur réduit le risque pour le patient et améliore les résultats. Certains grands centres médicaux, y compris les hôpitaux militaires tels que Walter Reed National Military Medical Center, utilisent la technologie de simulation médicale avec succès.

1.2.2. Le suivi de la progression

Tout d'abord, les étudiants reçoivent des statistiques de rendement immédiates et cohérentes, ce qui leur permet d'augmenter leurs performances. De plus, les formateurs peuvent suivre la progression des étudiants en groupe et individuellement. Par conséquent, dans un contexte éducatif, le corps professoral a des paramètres d'évaluation clairs qui peuvent être incorporés dans la conception du programme d'études pour améliorer les expériences des élèves.

1.2.3. L'impact sur les soins

La SBME est supérieure à l'éducation clinique traditionnelle dans de nombreux domaines. Par exemple, dans une méta-analyse quantitative couvrant 20 années (McGaghie et al. 2011), les auteurs ont ainsi conclu : «Il ne fait aucun doute que la SBME est supérieure à l'éducation clinique traditionnelle pour l'acquisition d'un large éventail de compétences médicales. Un ensemble croissant de preuves montre que les compétences cliniques acquises dans les laboratoires de simulation médicale ont un effet direct sur l'amélioration des soins prodigués aux patients ».

1.2.4. La remise à niveau

La SBME permet de se remémorer une compétence clinique pour des cliniciens l'ayant déjà maîtrisée, mais ressentant le besoin d'une remise à niveau avant une rencontre avec le patient.

1.2.5. Une mise en condition au plus près du réel

La simulation peut être utilisée pour se préparer à des interventions chirurgicales spécifiques. Par exemple, la gamme de produits de la société Symbionix propose une modélisation visuelle et une sensation tactile, offrant une immersion réaliste dans l'exécution de procédures cliniques. Les technologies dont dispose la société permettent de fournir des modèles tridimensionnels d'un scanner de patient qui simule des traitements chirurgicaux endovasculaires préopératoires spécifiques à un patient donné. Avec ces outils puissants, les chirurgiens peuvent quasiment reproduire la chirurgie d'un patient *ex vivo* dans son intégralité.

1.3. LIMITES DE LA SIMULATION

La SBME a deux faiblesses significatives :

1.3.1. Le rapport coût / bénéfice

Tout d'abord, le coût élevé des technologies de simulation constitue un obstacle important pour de nombreuses organisations. Les institutions doivent prendre en compte le coût total, y compris l'équipement, la formation, l'entretien et les installations spécialisées. Les collèges et les hôpitaux rencontrent des difficultés pour obtenir les fonds nécessaires à l'acquisition des équipements de simulation.

De plus, il n'est pas évident d'évaluer le rapport coût/bénéfice. D'un point de vue empirique, l'utilisation de la SBME semble efficace et rentable. Dans une petite étude de 26 stagiaires en médecine interne (Miloslavsky et al. 2012), 97% ont déclaré une meilleure capacité à fonctionner en tant que stagiaire. Cependant, Bewley et O'Neil (2013) ont observé que « les grandes promesses et l'impressionnante capacité technique ne sont pas suffisantes pour conclure à une efficacité ». Dans une analyse de près de 1000 études évaluant la formation en simulation médicale, le Docteur Benjamin Zendejas (2013) a noté que « les rapports sur les coûts dans la recherche SBME sont rares et incomplets ». Seules 59 études ont rapporté des coûts associés à la SBME, et moins de 2% ont rapporté une analyse comparative entre la SBME et d'autres outils de formation médicale. Zendejas poursuit en affirmant que, bien que plus de 90% des programmes d'internat en médecine d'urgence utilisent la technologie de simulation, les preuves définitives manquent pour déterminer si la simulation a un réel impact sur les comportements, les performances ou les compétences cliniques.

Par conséquent, même si la technologie semble efficace et rentable, il faut approfondir la recherche pour valider cette hypothèse.

1.3.2. La difficulté d'évaluer les progrès

La mesure des résultats d'apprentissage est toujours insuffisante. À la fin des tâches utilisant la SBME, les participants peuvent estimer qu'ils ont amélioré leurs compétences techniques. Cependant, peu de modèles quantifiables étaient disponibles pour mesurer les progrès. Wayne et McGaghie (2010) ont suggéré 12 caractéristiques essentielles mesurables de SBME :

- la pratique délibérée
- le retour d'information
- l'intégration au curriculum
- la mesure rigoureuse des résultats
- la fidélité de la simulation
- l'acquisition et l'entretien des compétences
- l'acquisition de la maîtrise d'un domaine
- le transfert à la pratique
- la formation en équipe
- la réalisation d'essais avec des enjeux majeurs
- la formation d'instructeurs
- l'attention portée au contexte éducatif et professionnel.

Un autre modèle de mesure est le modèle Kirkpatrick (Bewley, 2013). Dans ce modèle, la performance des élèves est mesurée à plusieurs niveaux, à savoir le temps de réaction, le niveau de compétence, les changements de comportement, les résultats sur les patients, et les avantages organisationnels. Bien que les universités de médecine fournissent l'éducation formelle dans les compétences de base, beaucoup échouent au moment d'utiliser la technologie de simulation pour enseigner les compétences cliniques avancées ; ceci constitue un des défis majeurs de la simulation.

Katherine Berg (Berg et al. 2013) a rapporté que 46% des universités de médecine utilisaient la simulation pour les entraînements aux actes dits « basiques » et seulement 23% l'utilisaient pour les actes dits « avancés ». Ceci complique encore la réalisation de l'analyse du rapport coût /bénéfice pour déterminer l'efficacité de la SBME.

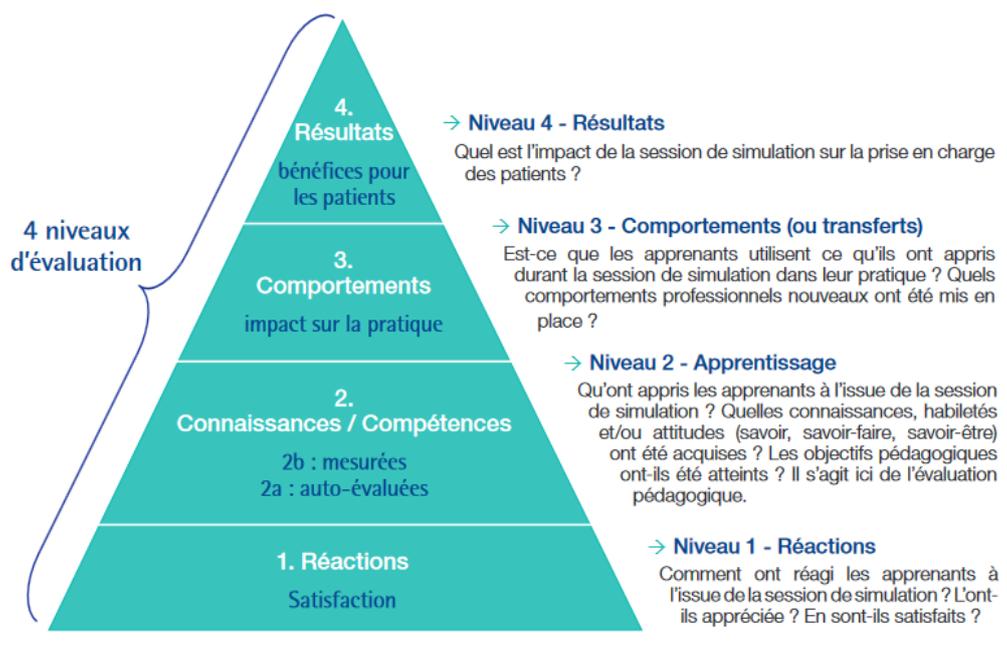


Fig.3 : Modèle modifié de Kirkpatrick présenté par la Haute Autorité de Santé : http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_930641/simulation-en-sante

1.4. LES MOYENS TECHNIQUES

De nombreuses techniques de simulation existent et peuvent être utilisées de manière complémentaire au sein d'un cursus de formation. Elles concernent aussi bien la formation initiale, la formation spécialisée que le développement professionnel continu. Elles permettent notamment l'acquisition de connaissances, de compétences et de comportements lors la phase pré-clinique dans le but final d'améliorer la prise en charge des patients.

1.4.1. Le patient virtuel : gestion clinique sur ordinateur

1.4.1.1. Définition

La simulation par patient virtuel (ou SPV) est un processus qui présente à l'aide d'un logiciel des scénarios de cas cliniques réalistes dans lesquels l'apprenant prend le rôle d'un professionnel de santé qui doit obtenir des informations sur l'histoire médicale du patient, pratiquer un examen physique sur ce dernier, poser un diagnostic et prendre des décisions concernant sa prise en charge. L'apprenant interroge le patient (l'ordinateur) en tapant ou en sélectionnant (ou, dans certains cas, en parlant) des questions et en demandant par la suite des informations sur les résultats d'examens physiques et les tests de laboratoire. L'ordinateur fournit les réponses des patients ou d'autres informations demandées. Les apprenants sont habituellement tenus de fournir un plan de diagnostic et de gestion à un moment donné.

1.4.1.2. Objectifs

Les objectifs de la SPV sont retrouvés à chaque étape du raisonnement clinique :

- Développer la capacité à recueillir les données du patient

En prêtant attention à l'ensemble des informations données par celui-ci. Le malade expose ce qu'il ressent. Le praticien organise les paroles du patient (communication verbale) et ce qu'il observe (communication extra-verbale) en des ensembles qu'il compare à des modèles mentaux, ou représentations mentales, acquis précédemment. Ces modèles s'imposent automatiquement à la conscience, véhiculant des hypothèses. La capacité d'écoute du praticien se doit d'être la plus grande possible.

- Formuler une (des) hypothèse(s) diagnostique(s)

Spontanément, le praticien exprime sa réflexion en termes d'hypothèses diagnostiques et non de modèles, l'hypothèse étant plus synthétique et impersonnelle que le modèle, ressenti uniquement comme une synthèse des apprentissages théoriques et des expériences. Une fois le praticien suffisamment informé, il ne retient qu'un seul diagnostic, qu'il soit certain car étayé par au moins un argument indiscutable, ou probable reposant sur un ensemble d'arguments dont chacun, pris isolément, est discutable.

- Déterminer une conduite à tenir/un traitement et un pronostic

Il s'agit alors d'adopter une stratégie thérapeutique adéquate en définissant les cibles en fonction de l'objectif principal. Le pronostic, quant à lui, sera établi après avoir déterminé les facteurs de pronostic et imaginé leur évolution dans le temps.

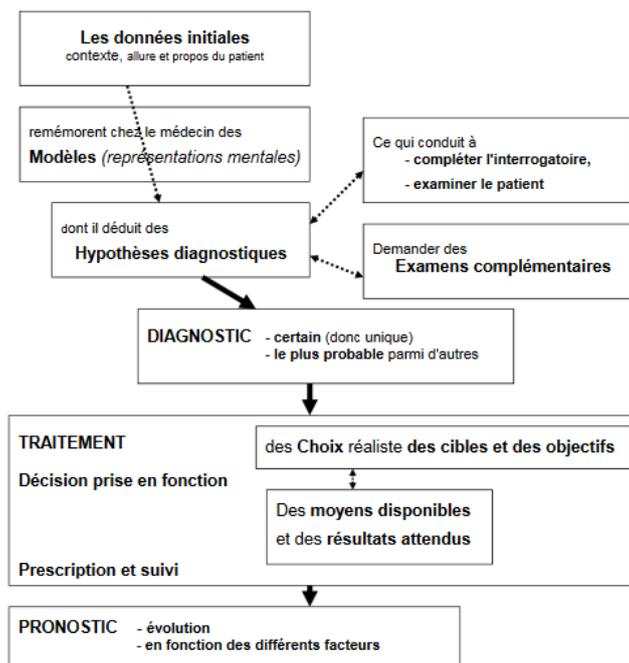


Fig. 4 : Étapes du raisonnement clinique (Quinton A., 2007)

1.4.1.3. Avantages

Les avantages offerts par la SPV sont multiples:

- elle est sans risque pour le patient

En effet, la réalisation d'un geste ou d'un acte médical peu maîtrisé sur un patient peut avoir de graves conséquences parfois irréversibles.

- elle simule l'intégration par l'apprenant de multiples données relatives au patient; données qui lui permettront ensuite de formuler un diagnostic et une conduite à tenir.

- elle permet de créer un nombre infini de cas cliniques grâce aux divers logiciels de patients virtuels existants.

- enfin, l'efficacité de cette simulation est surtout établie pour la facilitation de l'acquisition du raisonnement clinique plutôt que des connaissances ou des compétences en entretien médical.

1.4.1.4. Inconvénients

Une limitation de l'utilisation des patients virtuels est que le développement peut être coûteux et exiger beaucoup de ressources. De plus la SPV ne permet pas de développer l'approche empathique et pédagogique que doit avoir un professionnel de santé avec un patient réel.



Fig. 5 : Patient virtuel (Institut for Creative Technologies)

1.4.2. Le patient synthétique ou mannequin

1.4.2.1. Définition

Il s'agit d'un outil imitant la forme humaine et reproduisant tout ou partie du corps humain. Des mannequins tridimensionnels de basse fidélité, reproductions anatomiques complètes ou parcellaires, sont volontiers utilisés apprentissage d'examen cliniques ou de gestes techniques, développant ainsi les habiletés techniques et procédurales.

Les mannequins possédant une interface informatique (moyenne ou haute fidélité) sont de préférence utilisés pour l'acquisition de connaissances non techniques lors de mises en situation réalistes avec un travail en équipe. On note une augmentation constante des types de mannequins (qu'ils soient de basse, moyenne ou haute fidélité) et une amélioration des technologies (sans fil par exemple).

Lors de la formation dentaire, des patients « fantômes » sont souvent utilisés. Ceux-ci sont généralement constitués d'une tête de mannequin sur laquelle est fixée un typodont. En dentisterie, un typodont est un modèle reproduisant une arcade de la cavité buccale. Il s'agit d'un outil éducatif permettant aux étudiants en chirurgie dentaire de s'entraîner à la réalisation de certains actes.

Les modèles FRASACO® et KAVO® utilisés en pré-clinique (DFGSO2 et DFGSO3) sur lesquels sont vissés des reproductions de dents en résine, ainsi que les modèles de dents naturelles modélisent parfaitement des typodonts.



Fig. 6 : Modèle supérieur et inférieur ANKA-4 (www.frasaco.de)



Fig. 7 : Patient « fantôme » sur lequel peuvent être vissés les modèles Frasaco® et Kavo® ainsi que les modèles de dents naturelles (Photographie tirée de la thèse d'exercice du Dr. Zerbib M., 2013)

En 2012, l'université de Showa au Japon a développé un « patient-robot » capable de reproduire une situation clinique authentique pour la formation dentaire. Ce patient-robot, conçu comme un modèle de corps entier avec une hauteur de 157 cm, a huit degrés de liberté au niveau de la tête et la capacité à effectuer divers mouvements autonomes. De plus, la sécrétion de la salive et la conversation avec le stagiaire peuvent être reproduites.



Fig. 8 : Patient-robot développé à l'université de Showa au Japon (Tanzawa, 2012)

1.4.2.2. Avantages

L'apprentissage par mannequin simulateur permet de développer les habiletés techniques et procédurales. En projetant les participants dans un environnement ultra réaliste, il permet de développer leur raisonnement clinique dans différentes situations cliniques. Il autorise en effet un apprentissage permettant de cibler les objectifs de formation sur une pathologie précise. Ils permettent également une approche clinique et thérapeutique grâce aux réactions physiologiques du simulateur. Même les pathologies les plus rares peuvent donc être enseignées de manière réaliste en permettant une approche thérapeutique adaptée. Les gestes invasifs ou ceux qui touchent l'intimité du patient sont enfin réalisés en première intention sur mannequins donnant une dimension éthique à ce type d'enseignement.

En somme, ce type d'apprentissage permet l'acquisition de compétences techniques mais également non techniques. Il peut être choisi en fonction des objectifs pédagogiques à atteindre et du niveau de difficulté requis. Afin de permettre une mise en condition totale, l'apprentissage par mannequin simulateur peut être intégré dans un scénario plus compliqué, par exemple en le combinant à la simulation par patient virtuel : on parle alors de simulation hybride.

1.4.2.3. Inconvénients

L'inconvénient majeur est la difficulté d'adaptation de la stratégie pédagogique à adopter pour rendre utile l'outil mannequin. Cette stratégie se doit d'être étudiée minutieusement par l'équipe pédagogique avant d'avoir recours à l'apprentissage par patient synthétique. De plus, On note une tendance des formateurs à se laisser séduire par une technologie sophistiquée mais superflue. Ainsi, la mise sur le marché de mannequins de plus en plus sophistiqués ne doit pas faire oublier que le choix du type de mannequin ainsi que son niveau de réalisme et de sophistication doivent reposer avant tout sur les objectifs pédagogiques poursuivis.



Fig. 9 : Mannequin Laerdal[®] de type SimMan[®] (CHU de Rouen)

1.4.3. La réalité virtuelle

1.4.3.1. Définition

L'utilisation des nouvelles technologies dans l'éducation à la pratique dentaire est naturellement liée à l'attente et à l'acceptation de ces techniques par les générations actuelles d'étudiants et d'enseignants (Feeney et al. 2008).

Parallèlement à la robotisation des patients fantômes, des simulateurs virtuels ont été mis au point. Le passage au XXI^e siècle a surtout vu le développement d'environnements virtuels intégrant l'utilisation de stylets haptiques. Les réponses haptiques reproduisent par retour de force les différentes sensations induites par les caractéristiques des tissus (dentine cariée ou saine, muqueuse...) permettant à l'apprenant d'avoir une restitution fidèle des sensations tactiles au cours des actes réalisés virtuellement (incision, utilisation de différentes fraises...). Dans ce cas, l'apprenant exécute les gestes adéquats sur un objet ou un patient virtuel en regardant uniquement son écran.

Un système de réalité virtuelle (RV) est une interface Homme/Machine qui implique de la simulation en temps réel et des interactions via de multiples canaux sensori-moteurs, (Bordea., 1993). C'est l'ensemble des techniques permettant de reproduire le plus fidèlement possible (par des calculs en temps réel) le comportement d'entités 3D en interaction entre elles et avec un ou plusieurs utilisateurs tout en exploitant une partie ou l'ensemble des cinq sens référencés chez l'être humain.

La visualisation interactive et la technologie de RV ont ouvert de nouveaux domaines dans la pratique de la médecine (Palter et Grantcharov, 2010). Cette interface Homme/Ordinateur facilite la visualisation et le contrôle hautement interactif des scénarios tridimensionnels générés par l'ordinateur avec suffisamment de détails et de vitesse pour évoquer une expérience sensorielle similaire à celle d'une expérience réelle. Certains systèmes haptiques avancés incluent maintenant des informations tactiles, généralement connues sous le nom de retour de force, dans des applications médicales.

La réalité virtuelle est utilisée dans de nombreux domaines de la santé, qui vont du diagnostic au traitement, en passant par la réadaptation et le conseil. Elle est également utilisée pour former la prochaine génération de médecins, de personnel paramédical et d'autres membres du personnel médical. Plusieurs programmes de RV ont été développés dans des applications dentaires telles qu'un simulateur pour la chirurgie orthognathique (Sohmura et al., 2004) et la dentisterie restauratrice (Suebnuarn et al., 2011).

Les simulateurs haptiques ont été introduits dans le programme dentaire comme des dispositifs d'entraînement pour l'acquisition de compétences cliniques dans plusieurs tâches. Nous pouvons citer le Iowa Dental Surgical Simulator (Thomas et al., 2001) pour l'enseignement des compétences tactiles dans la détection des caries dentaires, le PerioSim

(Steinberg et al., 2007) pour la détection de tartre sous-gingival et HapTEL™ (Haptics Technology Enhanced Learning, Eaton et al., 2008) pour la formation dentaire globale. Ce fauteuil dentaire virtuel comprend un scénario de formation dans lequel est présenté à l'étudiant un ensemble de dents en 3D sur lesquelles il va devoir travailler. Il effectue alors un ensemble d'actes, par exemple la préparation d'un logement de tenon radiculaire à l'aide d'un foret virtuel qui réplique le mouvement et la pression d'un foret réel par retour de force. Cette rétroaction est perçue par des changements subtils de pression qui permettent à l'étudiant d'ajuster sa technique en conséquence.

1.4.3.2. Avantages

Deux avantages principaux sont décelables :

- Les étudiants ainsi que les professionnels plus expérimentés ont la possibilité de pratiquer certains actes **autant de fois qu'ils le souhaitent** et la formation peut avoir lieu n'importe où. Il permet aux étudiants des professions de santé d'acquérir des connaissances et une compréhension du corps humain au moyen de l'interaction et ce, dans un environnement virtuel.
- Les étudiants peuvent effectuer des actes médicaux « directs », mais **dans un cadre sûr et contrôlé**. Il leur est ainsi possible de faire des erreurs et d'en tirer des leçons dans un environnement où il n'y a pas de risques pour le patient. Ils interagissent avec un patient virtuel et, par conséquent, acquièrent des compétences qu'ils peuvent alors appliquer dans le monde réel.

Le réalisme de ces simulateurs a augmenté avec l'introduction des dispositifs haptiques qui fournissent des sensations tactiles aux utilisateurs : l'utilisation et l'observation de miroir, ainsi que la simulation de dureté différente de tissus. Ces dispositifs haptiques permettent aux utilisateurs de toucher et de sentir des objets tels que des outils chirurgicaux et des organes humains dans un environnement virtuel et d'effectuer des opérations telles que la poussée, la traction et la découpe de tissus mous ou durs avec une rétroaction de force réaliste.

1.4.3.3. Inconvénients

Un piège potentiel de la simulation est que les apprenants deviennent experts dans l'utilisation de simulateurs, mais pas dans les contextes cliniques que les simulateurs sont censés refléter (Kneebone et al., 2007). Il est donc essentiel d'étudier si les compétences acquises sur un simulateur permettent effectivement d'améliorer les compétences sur les patients dans le cadre clinique et en temps réel.

De plus, les caractéristiques des compositions visuelles présentées sont souvent imparfaites, compromettant l'apprentissage de l'utilisation des indices visuels, compétence essentielle dans le domaine médical.

Des difficultés technologiques apparaissent également ; la principale difficulté étant la latence, c'est-à-dire le délai dans la boucle causé par le temps nécessaire au calcul de la restitution sensorielle du système simulé. On parle ici de simulation informatique, visuelle, sonore, réelle ou imaginaire. (Fuchs, 2006). Enfin, les simulateurs virtuels sont généralement coûteux à la fois pour l'achat et l'entretien.

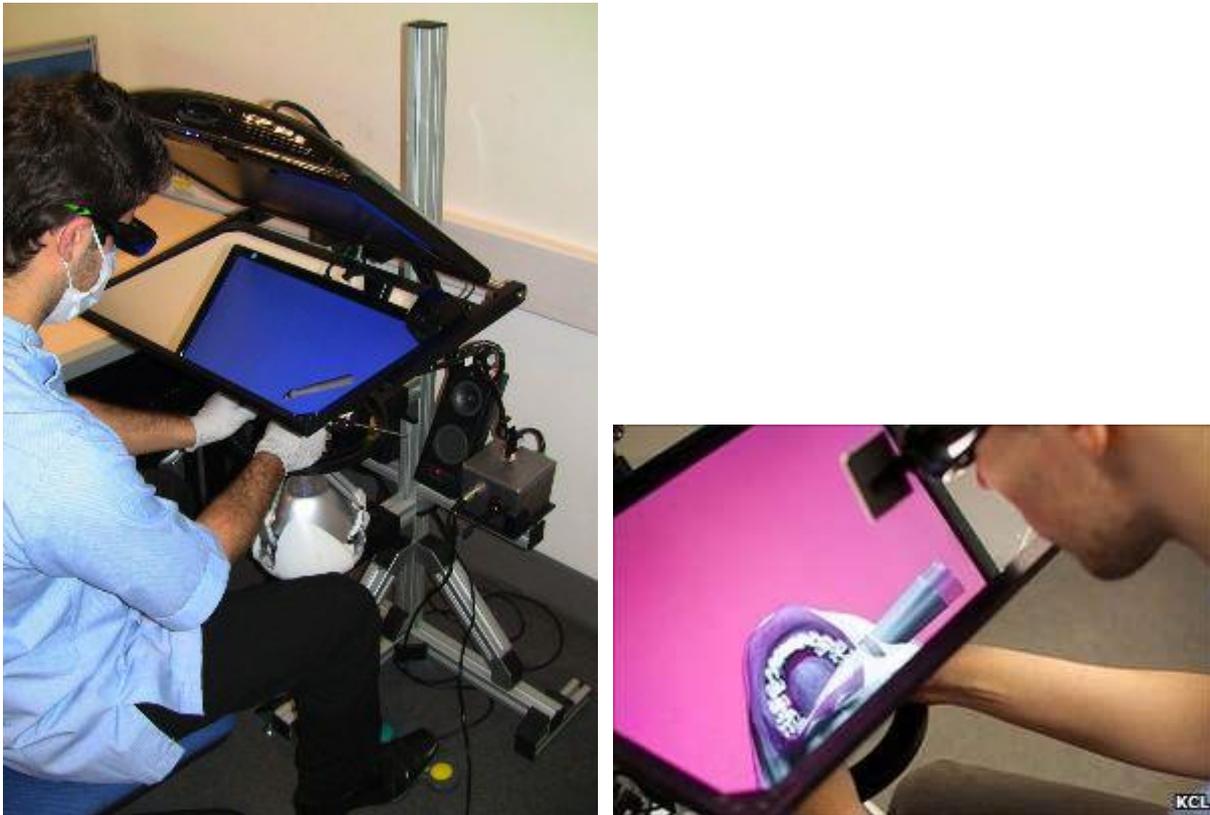


Fig. 10 : Système Haptel™ au King's College de Londres

1.4.4. Le patient standardisé

1.4.4.1. Définition

Introduit en 1964 par Howard Barrows, le programme des patients standardisés se fonde sur le jeu de rôle et se caractérise par le réalisme du cadre clinique dans lequel il se déroule. Contrairement à ce que proposent d'autres techniques de simulation, le patient standardisé (PS) est une personne dont les éventuelles interactions restituent toutes les dimensions et la complexité d'une consultation. Le réalisme est renforcé par l'aménagement de l'environnement physique. Le patient standardisé est une personne formée à simuler l'histoire d'un vrai patient et à reproduire systématiquement les signes cliniques, la personnalité, le

langage corporel et les réactions émotionnelles qui auront été définis d'entrée de jeu dans un scénario (Définition du CIS : Centre Interprofessionnel de Simulation de Genève).

1.4.4.2. Avantages

Cette pratique permet aux étudiants d'être confrontés à des situations quasi réelles sans crainte de blesser ou nuire à un vrai patient. Les signes cliniques que présenterait un vrai patient sont reproduits au plus près de la réalité par le PS. Un autre avantage non négligeable est la restitution de la dimension émotionnelle et des enjeux de communication inhérents à la relation patient-praticien. En exposant l'apprenant à cet aspect complexe de la réalité professionnelle, l'outil PS se distingue donc nettement du patient mannequin et des patients virtuels. L'apprenant s'exerce ainsi à mobiliser à la fois ses connaissances, son sens de l'observation, son raisonnement médical, et ses compétences relationnelles, en adoptant notamment une attitude empathique.

Outre les avantages pédagogiques, la simulation par PS offre des avantages éthiques notables par la présence d'un cadre sécurisant pour l'apprenant qui peut se permettre d'explorer son champ de compétences sans crainte. Quant aux patients hospitalisés, ils tirent profit de l'expérience acquise par les étudiants lors des séances de simulation, leur sécurité et leur confort se voient donc améliorés. De plus, la standardisation de cette forme de simulation permet une équité et une objectivité lors de l'évaluation des étudiants, tous étant confrontés au même cas clinique. Enfin, la facilité de mise en œuvre et d'organisation de ces programmes en fait un atout considérable pour l'apprentissage médical par la simulation.

1.4.4.3. Inconvénients

Comme toute méthode d'apprentissage, la simulation par PS a ses limites. La première étant que certains signes cliniques ne sont pas simulables (présence d'une plaie profonde cutanée par exemple). De plus, l'exposition d'un PS à certaines manipulations dangereuses ou douloureuses peut s'avérer risquée. Certaines précautions sont donc à prendre avant d'avoir recours à cet outil.



Fig. 11 : Formation d'un patient standardisé au Centre Interprofessionnel de Simulation (CIS) de Genève

1.4.5. L'utilisation de cadavres

1.4.5.1. Définition

Depuis le XVIIe siècle, les cadavres humains sont utilisés dans l'enseignement médical. Il s'agit probablement du premier simulateur utilisé par l'Homme en médecine ! En effet, au-delà des leçons d'anatomie, les chirurgiens ont longtemps appris leur art sur les cadavres humains.

1.4.5.2. Avantages

Les cadavres humains permettent aux apprenants d'étudier de nombreuses disciplines médicales, d'observer les muscles, les os et les organes sur un modèle de taille normale. Cela donne aux élèves une perspective plus précise de la taille et de l'emplacement que ce qui peut être obtenu à l'aide de modèles informatiques ou de manuels scolaires. Plutôt que de regarder un organe dans une boîte, les élèves peuvent visualiser les organes et tissus environnants pour une compréhension approfondie de l'organe en question. En outre, la compréhension de l'anatomie « normale » peut aider les étudiants à reconnaître une anatomie pathologique.

1.4.5.3. Inconvénients

Cependant, il y a un débat permanent sur la praticité et l'utilité des cadavres comme outils éducatifs. À mesure que la technologie progresse, la façon dont l'anatomie est enseignée change et l'utilisation de cadavres peut vite devenir obsolète.

Le principal inconvénient pour une institution universitaire utilisant des cadavres humains est le coût, qui peut être plus de 1000 euros pour chacun. En outre, l'établissement doit avoir la possibilité de bien entretenir et stocker le cadavre, ce qui peut être une dépense supplémentaire. Cela peut être couvert avec les frais des étudiants, mais cela place le fardeau sur les étudiants. Les problèmes de santé sont également cités comme un inconvénient à l'utilisation de cadavres, comme l'exposition à des produits chimiques d'embaumement qui peuvent parfois représenter un danger pour la santé.

Ces techniques de conservation des corps comme la méthode de Thiel ont un impact sur les cadavres et peuvent entraîner un manque de réalisme par rapport au vivant.

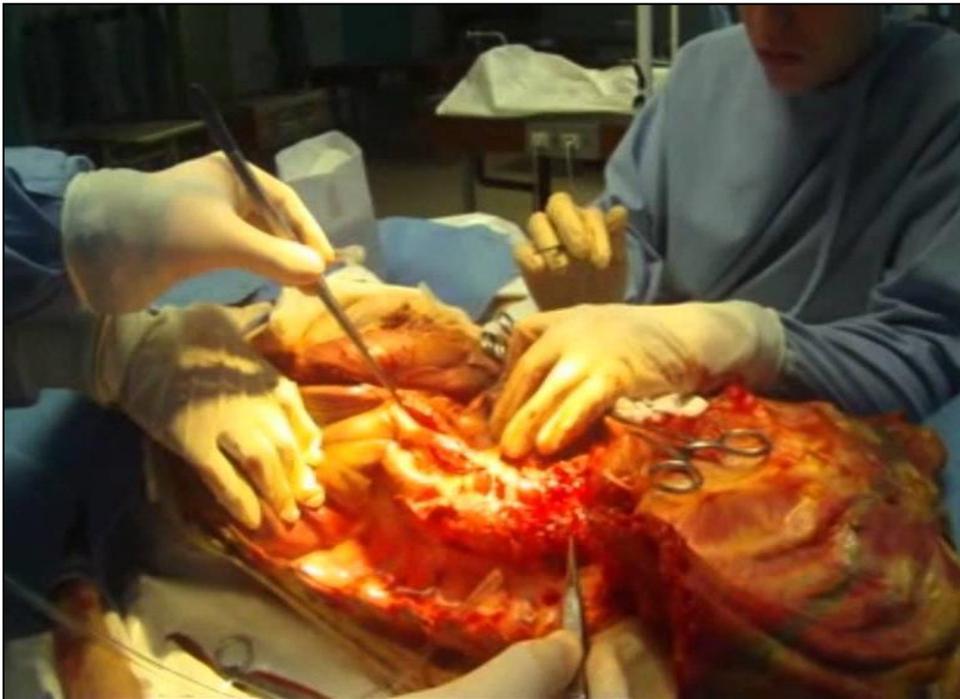


Fig. 12 : Dissection d'un cadavre à la faculté de médecine de Nice

1.5. LES SIMULATEURS EN ENDODONTIE

La formation endodontique occupe une place importante dans la formation dentaire initiale. Sur la base des lignes directrices de la Société Européenne d'Endodontie (*European Society of Endodontology*, ou ESE), les étudiants devraient être formés de manière appropriée afin d'effectuer des traitements canaux de bonne qualité.

Les travaux pratiques précliniques constituent une étape importante qui permet aux étudiants d'acquérir les compétences manuelles spécifiques essentielles à la pratique clinique. Selon les lignes directrices de l'ESE, un travail endodontique de bonne qualité (*Good-Quality Endodontic Work* ou GQEW) consiste à mettre en forme les canaux radiculaires à une longueur de travail acceptable et à réaliser des obturations canales homogènes. Une variété de modèles de travaux pratiques a été développée pour aider les étudiants à développer leurs compétences en endodontie et à améliorer leurs scores GQEW.

Le traitement canal d'une dent, et notamment l'étape de mise en forme, est une procédure conduite en grande partie à l'abri du champ visuel. Les étudiants doivent donc développer un sens tactile précis leur permettant de « ressentir » l'endodonte et d'en appréhender les éventuelles difficultés.

Les simulateurs ont donc pour mission principale de se rapprocher au mieux de l'anatomie canal et de la dureté des tissus dentaires.

1.5.1. Les dents naturelles

1.5.1.1. Bénéfices

Il apparaît évident qu'il n'y a pas meilleur outil d'apprentissage que la dent naturelle. En effet, elle permet d'appréhender les duretés exactes des différents tissus dentaires : qu'il s'agisse de la dentine, de l'émail ou même d'un éventuel tissu carieux. Nous avons précédemment évoqué l'importance du sens tactile en Endodontie. La pratique sur dent naturelle permet ainsi de ressentir le passage entre les différentes couches de tissus dentaires : de l'émail à la dentine, puis de la dentine à l'espace endodontique. Ceci est indispensable notamment lors de la réalisation de la cavité d'accès.

De plus, la dent naturelle donne accès à un large éventail de morphologies, qu'il s'agisse des morphologies coronaires ou radiculaires. L'appréhension d'éventuelles difficultés peut alors se faire avant la pratique sur des patients réels.

Ceci permet donc de se plonger dans des situations cliniques diverses et totalement réalistes. Cependant, les étudiants rencontrent de plus en plus de difficultés à se procurer des dents naturelles extraites.



Fig. 13 : Modèles maxillaire et mandibulaire de dents naturelles (Photographie extraite des archives de l'association des étudiants de Garancière)

1.5.1.2. Obstacle quantitatif

Les nouvelles techniques et technologies, et l'évolution des mentalités vers une tendance à la préservation tissulaire ont vraisemblablement conduit à une réduction du nombre d'extractions dans les pays développés. La collecte de dents extraites présentant encore suffisamment de structures dentaires pour être considérées comme des modèles de travail est de plus en plus compliquée depuis quelques années.

1.5.1.3. Obstacle juridique

- **Le consentement**

L'utilisation de dents naturelles est régie par la législation. Celles-ci sont soumises, sur le plan législatif, aux mêmes règles que tout autre organe humain. En effet, en conformité avec le principe d'indisponibilité du corps humain, les lois sur la « bioéthique » du 29 Juillet 1994 ont renforcé cette interdiction en vigueur depuis le 22 Décembre 1976 (loi n°76-1181) : « *Aucun paiement, quelle qu'en soit la forme, ne peut être alloué à celui qui se prête au prélèvement d'éléments de son corps ou à la collecte de ses produits. Seul peut intervenir, le cas échéant, le remboursement des frais engagés selon des modalités fixées par décret en Conseil d'Etat. Le principe est donc l'interdiction de la vente, le corps humain et ses produits étant*

« hors commerce ». Tout contrevenant risque sept ans de prison et plus de 100 000 € d'amende. » Les dents naturelles extraites sont ainsi considérées comme des donc d'organes. Toutefois, les organes n'ont pas tous le même statut, et les dents appartiennent à la classe inférieure avec les ongles, les cheveux et les poils (art. L 665-16 du code de la Santé Publique, décret 95-904 du 4 Août 1995) : le consentement n'est plus obligatoire. (www.legifrance-gouv.fr)

- **La sécurité sanitaire**

L'arrêté du 1^{er} avril 1997 homologue des règles de bonnes pratiques relatives au prélèvement des tissus et au recueil des résidus opératoires issus du corps humain utilisés à des fins thérapeutiques. En effet, l'Administration de la santé et de la sécurité au travail (OSHA) considère les dents extraites comme des matières potentiellement infectieuses qui devraient être jetées dans des conteneurs de déchets médicaux.

1.5.1.4. Le système Protrain®

Le système Protrain® a été conçu par le Docteur Riccardo Tonini pour permettre et faciliter la simulation de traitements endodontiques lors des séances d'entraînements ou de travaux pratiques. L'objectif est le suivant : « Effectuer des traitements endodontiques sur des dents extraites comme si elles étaient encore vivantes ». La dent extraite est verrouillée par un écrou annulaire pour permettre à l'opérateur d'effectuer tous les actes nécessaires à la réalisation d'un traitement endodontique optimal.



Fig. 14 : Mise en forme canalair sur une dent naturelle mise en place dans le système Protrain® (www.protrain.it)

Avec ce système, il est ainsi possible de :

- mesurer la longueur de travail en insérant une lime K connectée à un localisateur d'apex.
- s'exercer à la mise en forme et à l'obturation canalaire en étant certain que la dent garde toujours la même position
- prendre des radios pré, per et post-opératoire, le système possédant un espace pour le positionnement vertical du film radiographique intra-oral
- réaliser un protocole d'irrigation, les liquides se collectant à l'intérieur du boîtier
- mesurer les instruments à l'aide de la réglette millimétrique dont dispose le système

Le Protrain® est un système intuitif et facile d'utilisation et peut donc s'avérer être un outil d'entraînement et d'enseignement extrêmement utile non seulement pour les professionnels désireux de s'entraîner ou de documenter des publications à l'aide de vidéos, mais aussi et surtout pour les étudiants en formation pré-clinique. Ces derniers peuvent s'exercer sur chacune des étapes du traitement endodontique depuis la cavité d'accès jusqu'à l'obturation radiculaire.

Néanmoins, pour se mettre dans des conditions d'entraînement optimales, ce système requiert l'utilisation de dents extraites qui, comme expliqué précédemment, sont de plus en plus difficiles d'accès et voit leur utilisation réglementée.

1.5.2. Les simulateurs réels

Le simulateur représente un précieux outil de travail en Endodontie. En effet, la complexité de l'anatomie endodontique et l'utilisation des instruments à l'abri du champ visuel peuvent constituer un obstacle pour l'étudiant qui débute sa formation pratique en Endodontie. La normalisation de l'anatomie est d'un intérêt certain lors de l'enseignement de la mise en forme canalaire car tous les étudiants sont confrontés au même exercice. Leur évaluation s'en trouve donc facilitée.

1.5.2.1. Les simulateurs transparents en résine

- **Description**

A côté de ces modèles expérimentaux, se sont développés d'autres formes de modèles d'étude : les simulateurs endodontiques. Il s'agit de blocs en résine transparents, avec un ou plusieurs canaux dans chacun d'eux, ceux-ci peuvent être droits ou avec une courbure plus ou moins importante. Les premiers blocs en plastique transparent ont été utilisés par Weine et ses collaborateurs (Weine et al., 1976) dans le cadre de la recherche endodontique et par Spent et

Kahn (Spent et Kahn, 1979) dans l'apprentissage odontologique.

Ces blocs sont en résine époxy claire qui est transparente, des résines thermodurcissables possédant de bonnes propriétés mécaniques et thermiques. Elles ont une bonne stabilité dimensionnelle, une résistance à l'abrasion et sont auto-extinguibles (qualité anti-feu intrinsèque). Le sommet de ces simulateurs est conçu en forme d'entonnoir qui simule la chambre pulpaire d'une dent naturelle. On retrouve ensuite un canal (droit ou courbé) d'une longueur d'environ 18 à 20 mm. Au bout du canal, il est possible de placer un bouchon en silicone simulant le périapex. Ces simulateurs tentent ainsi de modéliser la dent et peuvent également simuler la dent dans sa totalité (Fig. 14 et 15)

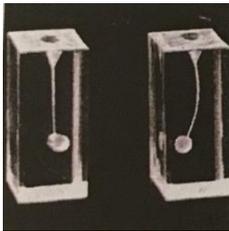


Fig. 15 : Simulateur de fabrication manuelle



Fig. 16 : Simulateur modélisant l'intégralité de la dent

- Avantages

Ces simulateurs conçus à des fins de recherche et d'enseignement ont fourni certains avantages. Ils sont aseptiques et ont des longueurs, des diamètres et des degrés de courbure standard. De plus, les difficultés liées à l'anatomie sont concentrées sur le seul problème de la courbure canalaire progressive. L'utilisation du simulateur écarte la problématique d'une éventuelle courbure coronaire ou d'une courbure apicale sévère.

En outre, les étudiants apprennent à déterminer une longueur de travail, à irriguer, à mettre en forme et à obturer un canal sans observer ce qu'il se passe à l'intérieur de la dent lors de ces actes, exceptée par l'utilisation de radiographies, autrement dit d'images en deux dimensions d'un objet qui, lui, est en trois dimensions !

La transparence du simulateur permet ainsi à l'étudiant de visualiser la dynamique des instruments, de comprendre les effets néfastes de la rigidité des limes en acier inoxydable, et donc d'admettre l'intérêt de la précourbure des limes. En effet, pendant l'irrigation et la mise en forme du simulateur canalaire, l'étudiant peut voir la forme que prend le canal au fur et à mesure et savoir si les résultats s'avèrent plutôt bons ou mauvais.

L'étudiant peut également observer ce qu'il se passe quand il irrigue versus quand il ne le fait pas. Il peut aussi s'apercevoir que les débris formés par l'action des instruments peuvent se

déposer à l'apex et peuvent être retirés avec patience, minutie, irrigation abondante et récapitulation de la séquence instrumentale.

L'étudiant peut aussi observer les résultats d'une action d'insertion forcée d'une lime contre une action d'alésage dans un canal incurvé. La fracture d'une lime peut se produire lorsque l'étudiant force, courbe ou tord l'instrument. L'apprenant pourra ainsi se rendre compte de ce qui est considéré comme une mise en forme canalaire appropriée. Il devient alors évident que, lorsqu'une lime n'est pas précourbée, le trajet canalaire peut être dévié compromettant ainsi la suite du traitement.

Au niveau de l'obturation canalaire, plusieurs techniques peuvent être évaluées car la condensation et les éventuels vides seront visibles.

Ces simulateurs allient ainsi sensibilité tactile et visualisation et permettent de mieux appréhender l'anatomie canalaire.

- **Inconvénients**

Cependant, certains inconvénients sont décrits dans la littérature. Tout d'abord, leur dureté est totalement différente de celle de la dentine. D'après Weine et coll. (1976), la dentine possède une dureté Vickers de 60 à 70 HV et la résine de 30 à 40 HV. La sensation tactile s'en voit donc perturbée lors du passage du modèle simulé vers la réalité clinique. Il faut également noter que beaucoup plus de débris de résine sont éliminés dans un simulateur que de dentine dans une dent naturelle. (Schäfer et al., 1995).

En outre, certains aspects de l'anatomie interne des canaux (courbures tridimensionnelle, irrégularités, constriction apicale naturelle...) ne sont pas reproduits fidèlement dans ces simulateurs. De plus, la chaleur générée à l'intérieur des canaux par l'instrumentation peut entraîner un ramollissement de la résine (Kum et al., 2000), conduisant à une augmentation des contraintes sur les arêtes principales de coupe et une augmentation du risque de fracture de l'instrument (Thompson et Dummer, 2000). En effet, les résines époxydes utilisées sont sensibles à l'humidité, aux UV ainsi qu'aux chocs thermiques et subissent un vieillissement lors d'expositions prolongées à de hautes températures.

Enfin, leur transparence et leur manque de radio-opacité limitent le développement de certaines compétences techniques liées à l'interprétation radiographique et limitent leur utilisation dans certaines phases d'apprentissage. Dans la réalité, la présence de plusieurs tissus (émail, dentine, ciment, os et Gutta-Percha) de radio-opacité différente en fait une des principales difficultés lors de l'interprétation des clichés radiographiques pré, per et post-opératoires.

1.5.2.2. L'association de l'imagerie et du réel

Les technologies d'imagerie et d'impression tridimensionnelles (aussi appelée impression 3D ou fabrication additive) avancent à pas de géants et permettent à différents domaines de connaître de grands progrès, notamment en Endodontie. Il est ainsi possible de produire un objet réel après l'avoir conçu en fichier numérique 3D sur un logiciel adapté.

Le fichier 3D ainsi obtenu est envoyé vers un logiciel spécifique qui le découpe en tranches et l'envoie à l'imprimante qui dépose ou solidifie de la matière couche par couche jusqu'à obtenir la pièce finale. Des simulateurs endodontiques plus élaborés ont vu le jour offrant de nouvelles possibilités d'entraînements et d'évaluation dans cette discipline (Fig. 17 et 18).

- Les simulateurs à base d'hydroxyapatite synthétique

- Description

Ceci a conduit à la recherche de modèles artificiels qui reproduisent les caractéristiques anatomiques et physiques des tissus dentaires. L'hydroxyapatite (HAp) est le principal composant minéral des dents naturelles. Ainsi, en Mars 2016, Robberecht et ses collaborateurs ont développé un simulateur de canaux radiculaires en céramique reproductible à base d'HAp présentant les caractéristiques anatomiques nécessaires qui imite la composition chimique de la phase minérale (radio-opacité) et la microstructure (en particulier la microporosité) de la dentine.

Un analogue synthétique de l'HAp a été utilisé pour modéliser les propriétés de l'émail et de la dentine naturels. Une technique de mise en forme de la céramique simple mais spécifique a été utilisée : des dents naturelles extraites ont été scannées et le volume pulpaire a été reconstitué en utilisant un dispositif de microtomographie (micro CT). S'ensuit l'impression en 3D et la coulée par barbotine d'un moule de canal radiculaire. (Fig. 17 et 18)

- Comparaison avec les dents naturelles et les simulateurs en résine

Une étude (Robberecht et al., 2016) a comparé ces simulateurs en céramique avec les dents naturelles et les simulateurs en résine époxy sur quatre critères : la morphologie microstructurale et notamment la microporosité, la résistance ou dureté, la reproductibilité de la forme du canal radiculaire, la faisabilité de réalisation d'un traitement endodontique complet.

→ Microporosité

Il a été montré que la microporosité du simulateur en céramique (20%) se rapprochait plus fortement de celle de la dentine (~18%) que le simulateur en résine.

→ **Dureté de Vickers**

Celle-ci a été évaluée grâce au test de dureté par microindentation. Il a révélé que les simulateurs en résine étaient plus mous (~37,5 HV) que la dentine naturelle (~69 HV) tandis que les simulateurs en céramique étaient beaucoup plus durs (~120,3 HV).

→ **Reproductibilité de la forme des canaux radiculaires**

Une comparaison visuelle (Fig. 16 et 17) des images microtomographiques des canaux des racines originales et des moules imprimés en 3D a indiqué que les reproductions des systèmes de canaux radiculaires par les simulateurs en céramique reproduisaient les détails les plus précis du système de canalaire avec une grande fiabilité.

Le coefficient moyen de similarité de Dice-Sørensen était de $0,917 \pm 0,025$, ce qui indiquait qu'il y avait un degré élevé de similitude entre le simulateur en céramique et, par la même occasion, que le procédé de fabrication était totalement reproductible.

→ **Réalisation du traitement endodontique**

Les traitements endodontiques utilisant le simulateur en céramique ont indiqué qu'il était possible de les utiliser pour effectuer les étapes de mise en forme canalaire. Les radiographies (Fig) ont montré des formes canalaires claires (simples ou complexes) dans le simulateur en céramique du fait de la bonne radio-opacité de l'HAp, ce qui a facilité la détermination de la longueur de travail, l'instrumentation et l'obturation du système canalaire.

Le simulateur en céramique pourrait également être utilisé pour réaliser les étapes nécessaires à la bonne visibilité des entrées canalaires (relocalisation des entrées canalaires, suppression des triangles de dentine...). Le protocole d'irrigation (Hypochlorite de Sodium et EDTA) ainsi que l'utilisation des fouloirs chauffés sont également possibles sans altérer la structure de la céramique.

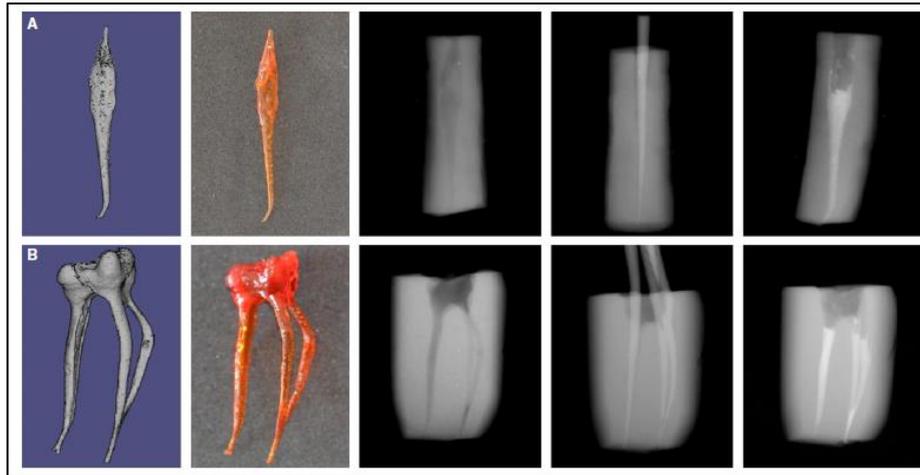


Fig. 17 : Reproduction d'un système canalaire artificiel simple (A) ou complexe (B) dans un simulateur en céramique.

De gauche à droite :

- une image de microtomographie reconstruite d'un volume pulpaire,
- un moule imprimé en 3D d'un volume pulpaire,
- une radiographie préopératoire d'un simulateur de canal radiculaire,
- une radiographie d'un maître-cône de gutta-percha dans le simulateur
- une radiographie post-opératoire après obturation (Robberecht, 2016)

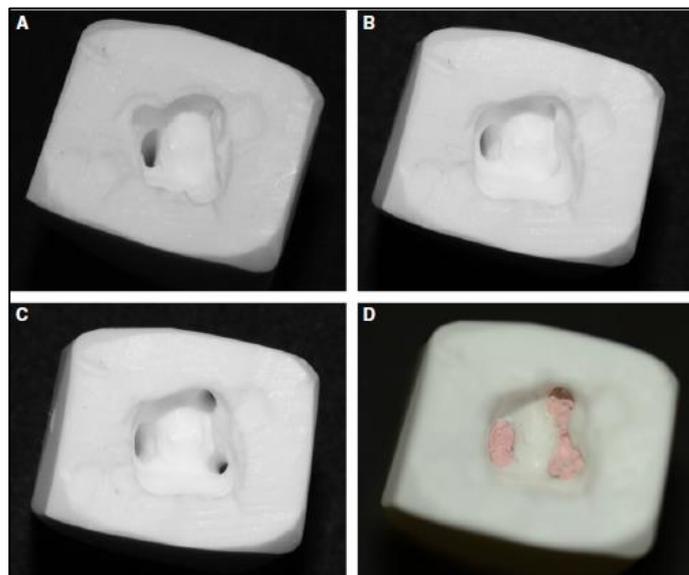


Fig. 18 : Traitement endodontique complexe d'un simulateur canalaire en céramique (molaire mandibulaire)

(A) Vue préopératoire, (B) après retrait de la « pulpe » camérale, (C) après relocalisation des entrées canales, (D) après obturation par condensation verticale à chaud de gutta-percha (Robberecht, 2016)

- Les simulateurs DENTALIKE™

Dans les années 80 et 90, de nombreux modèles de dents artificielles ont été créés (Dummer et al., 1991 ; Hasselgren et al., 1987, Peterson, ,1980) afin d'élargir les possibilités de simulation de traitement endodontique. A ce jour, des dents artificielles en résine opaque comme Dentalike™ (Dentsply, York, PA, USA) ou UMC artificielle (Smile Factory, Aruja, Brésil) ont été annoncées comme des alternatives qui reproduisent au mieux les caractéristiques des dents naturelles.

➤ Description (www.dentalike.net)

« Fabriquée à partir de dents naturelles, DENTALIKE est un excellent outil pour la formation endodontique. La forme naturelle, obtenue par une technique de microtomographie (microCT), permet de découvrir une anatomie dentaire réaliste qui offre une architecture canalaire plutôt complexe et convient à une séquence endodontique complète. DENTALIKE fournit une dent 3D standardisée pour une formation et une évaluation non-biaisée.

Le modèle DENTALIKE est obtenu à partir d'un CBCT (Cone Beam Computed Tomography) d'une dent naturelle. Cette dernière a été soigneusement choisie pour représenter l'une des dents les plus difficiles à traiter : la première molaire maxillaire (n ° 26) avec un canal MV2. Afin d'offrir une rétroaction tactile comparable à celle d'une dent naturelle, la dureté Shore D de la résine opaque utilisée est très proche de celle de la dentine : 95 pour la dentine et 92 pour la DENTALIKE. »

Deux modèles sont disponibles :



Fig. 19 : Le modèle A177DC0260100 : Dent n°26 avec la cavité d'accès déjà réalisée



Fig. 20 : Le modèle A177D00260100 : Dent n°26 sans cavité d'accès

➤ Limites

Cependant, malgré les similitudes entre la résine opaque et les dents naturelles, ces dents artificielles ont été limitées à des études menées par des experts en endodontie en raison de différences substantielles entre la résine et la dentine naturelle. De plus, seule la première molaire maxillaire gauche est proposée par la marque limitant ainsi les possibilités d'entraînements par les étudiants.

1.5.3. Les simulateurs virtuels interactifs en trois dimensions

Grâce aux récents avantages de l'imagerie biomédicale et de la technologie de la réalité virtuelle (RV), la formation en Endodontie connaît une période de changement avec une orientation vers des environnements plus réalistes et interactifs. La visualisation interactive et la technologie de RV ont ouvert de nouveaux domaines dans la pratique de la médecine (Palter et Grantcharov, 2010).

La première étape vers l'augmentation du niveau de sécurité des patients dans le traitement endodontique consiste, pour tous les cliniciens, à acquérir des connaissances et des compétences au stade précoce de la formation.

Le traitement endodontique, comme les autres disciplines de la dentisterie, peut être associé à des erreurs procédurales non désirées ou imprévues. Des perforations en endodontie peuvent se produire lors de la préparation de la cavité d'accès et de l'instrumentation mécanique des canaux radiculaires. Le taux de guérison chez les dents perforées était 30% inférieur à celui des dents sans perforation (Barone et al., 2010). Alors que la majorité des données ont porté sur la réparation des perforations à l'aide de divers matériaux, les données sur la prévention et la formation sont limitées.

Au cours des trois dernières décennies, la RV a joué un rôle d'introduction pour les stagiaires cliniques dans de nombreux domaines. L'efficacité de la RV comme outil pédagogique semble évidente, mais la question de savoir si elle était supérieure aux méthodes classiques d'enseignement endodontique demeure inconnue.



Fig. 21 : Utilisation de la réalité virtuelle à la School of Clinical Dentistry
(Université de Scheffield en Angleterre)

Une étude a été menée par le Docteur Siriwan Suebnukarn (Suebnukarn et al., 2011), professeur à l'université de Thammasat en Thaïlande, sur des étudiants en 4^e année d'odontologie afin d'évaluer l'effet d'un simulateur de réalité virtuelle sur le nombre d'erreurs et le temps nécessaire à la réalisation de cavités d'accès endodontiques. Cette étude a permis de montrer qu'il n'y avait pas de différence significative entre le groupe utilisant le simulateur de RV et le groupe d'entraînement conventionnel concernant ces deux critères. L'explication réside dans le fait que le système de RV haptique est conçu spécifiquement pour imiter les

mouvements de la main et la visualisation que ceux utilisés lors des procédures dentaires. En utilisant des modèles de dents virtuels (HAP-DENT™) développés par Yoshida et al. (2011) (Fig. 21) qui ont des couches multiples avec une dureté mécanique différente dans chaque couche (émail, dentine et pulpe), les participants sentent la coupe des dents de la même manière que dans une dent réelle.

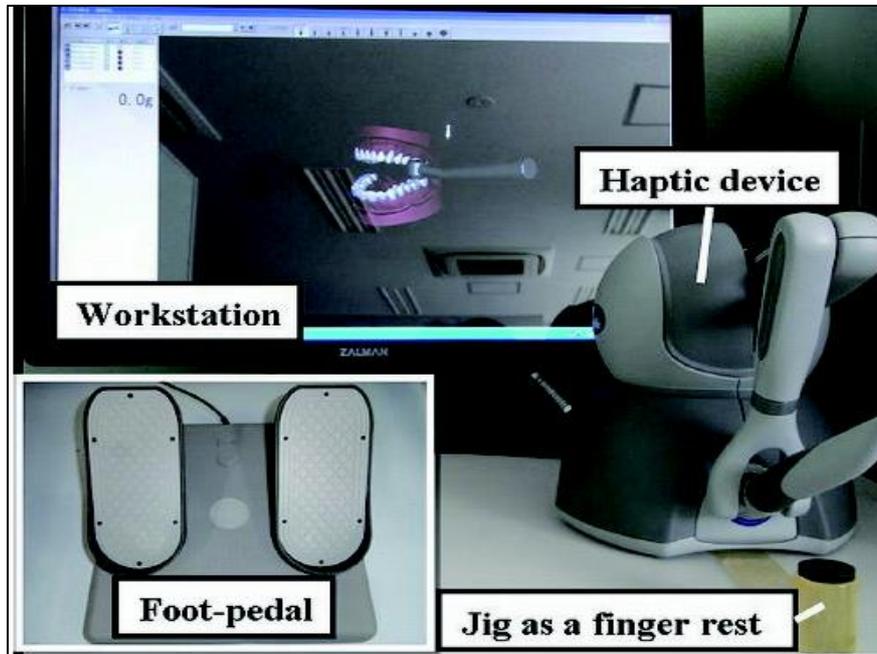


Fig. 22 : Système HAP-DENT™ (Yoshida et al.)

En revanche, seule l'utilisation d'instruments inflexibles a été correctement reproduite par le simulateur HapTEL™. Les instruments flexibles utilisés lors de la mise en forme des canaux radiculaires devront être développés à l'avenir dans l'environnement de réalité virtuelle. Il est donc, pour le moment, impossible d'effectuer un traitement endodontique complet sur des simulateurs de réalité virtuelle ; ceux-ci étant plus adaptés à l'odontologie restauratrice à ce jour.

1.6. L'ÉVALUATION EN SIMULATION

« L'évaluation en pédagogie est l'analyse systématique de la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage » (MacDougall, 2010). Il s'agit d'un jugement de valeur porté sur une mesure dans le but de prendre une décision.

Afin d'évaluer correctement un apprenant, il faut déterminer, en amont, ce qui va être évalué exactement (les connaissances, la pratique, la gestion d'une situation...), quand le faire et de quelle manière. Diverses modalités d'évaluation existent et permettent à la fois de suivre les progrès des apprenants et de les sélectionner en fin d'année ou de cursus. En somme, il s'agit

de faire converger l'évaluation des connaissances et l'évaluation des compétences. Parlant de simulation, les instruments d'évaluation doivent être pragmatiques et répondre à une logique de ressources humaines (enseignants, techniciens) et de moyens techniques (coûts des simulateurs, frais de fonctionnement et de maintenance, locaux disponibles...) mais aussi répondre à la logique de formation pédagogique des enseignants. L'évaluation de la formation par la simulation préfigure la qualité des soins qui seront prodigués, elle se doit donc d'être réalisée dans des conditions optimales.

1.6.1. Intérêts

L'évaluation par la simulation en santé offre la possibilité d'analyser avec l'instructeur expert le déroulé du scénario lors du *débriefing* et de générer un *feed-back* pour les participants. Cet instructeur est à la fois une force mais aussi un obstacle : une force car le débriefing recadre vers les bonnes pratiques et un obstacle car l'évaluation certificative est également sanctionnelle et peut conduire à un échec.

En prenant un certain recul, nous pouvons penser que ce caractère sanctionnant est aussi un point positif, non pas forcément du point de vue de l'apprenant lui-même, mais d'un point de vue de ses compétences. En effet, si l'évaluation certificative est faite à la fin d'un cursus intermédiaire de formation, le fait d'avoir évalué la compétence de l'apprenant et d'avoir jugé son « inaptitude », elle est certes ressentie comme un échec par l'apprenant, mais il doit être positivé pour deux raisons.

La première est le recadrage qui permet d'offrir à l'apprenant une optimisation de ses compétences, ce qui lui sera utile tout au long de sa carrière future.

La seconde concerne la remise en cause aussi de l'enseignement pointant alors du doigt les potentielles faiblesses d'un programme de formation et encourageant une modification de la méthodologie d'enseignement et une réévaluation.

En dehors de l'aspect individuel, le simulateur réaliste permet l'entraînement d'une équipe à la gestion de crise et son évaluation. La simulation réaliste permet d'aborder les aspects comportementaux comme la communication qu'elle soit verbale ou non, le leadership et la résolution de conflits interpersonnels, dont le rôle est souvent essentiel dans la résolution de situations de crise.

1.6.2. Limites

Comme tout outil pédagogique, la simulation présente certaines limites, notamment en ce qui concerne l'évaluation :

- le **coût**, le faible nombre d'instructeurs compétents, ainsi que le temps dévolu de l'instructeur à la simulation ont un impact direct sur son temps clinique de soins.
- la nécessaire adaptation des séances de simulation médicale en fonction de la **disponibilité des instructeurs** : contrainte de temps d'organisation.
- le débriefing par l'instructeur peut être **ressenti** par l'apprenant comme un moment délicat en raison de la remise en cause de ses pratiques. Il faut alors insister sur le fait de comprendre le pourquoi de sa décision et permettre de reconstituer ses représentations et raisonnements. L'instructeur peut aussi être un élément limitant de par l'ascendant qu'il exerce sur l'apprenant entraînant une peur de l'apprenant de mal faire et de décevoir.
- les participants à la simulation médicale sont aussi contraints par le **temps** proposé par l'équipe menant la simulation médicale, mais aussi par le temps offert par le ou les scénarios par définition contraint dans le déroulé. C'est, aux yeux de l'apprenant, mettre à l'épreuve ses capacités de mobilisation de ses connaissances et les appliquer de manière adaptée au contexte d'un scénario proposé et imposé.
- il est parfois frustrant d'être évalué sur une partie des compétences et non sur la globalité des compétences. Cela questionne alors sur **la sous- ou la surévaluation de l'apprenant** (Savoldelli et al., 2005).
Dans le même sens, l'instructeur ou le formateur agit en tant qu'expert. Il peut sous-évaluer ou sur-évaluer un apprenant, ce qui est source de conflit potentiel entre le formateur et l'apprenant et quelque part d'une certaine subjectivité tant reprochée au domaine de l'évaluation certificative car liée au jugement d'un professionnel compétent et expérimenté notamment en simulation. *A contrario*, l'évaluation en QCM paraît plus « objective » mais ne mesure absolument pas le même domaine.
- se pose également la question de la **gestion de l'échec**. Il est alors important d'insister sur la validité et la fiabilité des paramètres ou critères évaluatifs retenus et mesurés, évitant le caractère subjectif de l'expert. Il est important aussi dans un souci d'équité de s'assurer de la reproductibilité des scénarios proposés.
- Enfin, devant la multiplicité des modèles de simulation (dont les mannequins basse et haute-fidélité abordés précédemment en 1.4.2), il faut prendre garde à ce que **le modèle soit en adéquation** avec ce que l'on cherche à évaluer.

- Concernant l'instructeur, se pose la question de sa propre **compétence en matière d'évaluation** en simulation : types de formation suivie, validation de cette formation, expérience en évaluation et au-delà son expertise dans le champ de compétences requis à l'apprenant.

Ainsi, l'approche méthodologique de l'évaluation en simulation doit être rigoureuse et doit s'intégrer dans une véritable politique de qualité : qualité du programme d'enseignement, qualité de la formation des formateurs en termes de pédagogie et d'expertise, qualité du programme de développement de la simulation et qualité du programme d'évaluation (Boulet et al., 2010).

À condition d'être lui-même formé et compétent, le formateur est le mieux placé pour réaliser l'évaluation certificative. Il existe toujours une part de subjectivité dans l'évaluation, c'est le facteur humain. Il faut ainsi développer une véritable culture de professionnalisation de l'évaluation.

2. PROJET PÉDAGOGIQUE

L'objectif de ce travail était de développer un projet pédagogique centré sur le diagnostic en endodontie et qui soit à la fois ludique et accessible quel que soit le niveau de l'apprenant. De nombreux moyens techniques proposés par la simulation ont été utilisés notamment la gestion clinique par ordinateur de patient virtuel (abordée en 1.4.1) et plus particulièrement la mise en place d'un *serious game* (ou « jeu sérieux » en français).

Le *serious game* désigne l'utilisation des principes de jeux vidéo à des fins d'apprentissage, d'acquisition de compétence et de formation (Cain et Piascik, 2015). L'enseignement supérieur médical a été révolutionné par l'apparition de nouvelles technologies numériques. Ainsi, l'E-learning et les *serious game* commencent à être incorporés dans les programmes d'études des professions de santé.

Nous allons à présent décrire le logiciel utilisé, détailler la construction de notre scénario, et proposer une fiche signalétique permettant à tout formateur de réaliser son propre scénario.

2.1. LOGICIEL UTILISÉ

2.1.1. Description

De nombreux logiciels gratuits ou payants existent et permettent de réaliser son propre *serious game*. Après étude de nombre d'entre eux, nous avons décidé d'utiliser le logiciel ITyStudio® (<http://www.itystudio.com>), logiciel-auteur de *serious game* et de scénario 2D et 3D, créé par le groupe ITycom, expert en *digital learning* (présence du numérique dans les contenus de formation). ITyStudio® a été choisi pour sa clarté, sa simplicité d'utilisation et la possibilité de tester le logiciel gratuitement pendant 15 jours, permettant ainsi de concevoir une ébauche de projet, d'en évaluer la qualité et l'adéquation aux objectifs fixés.

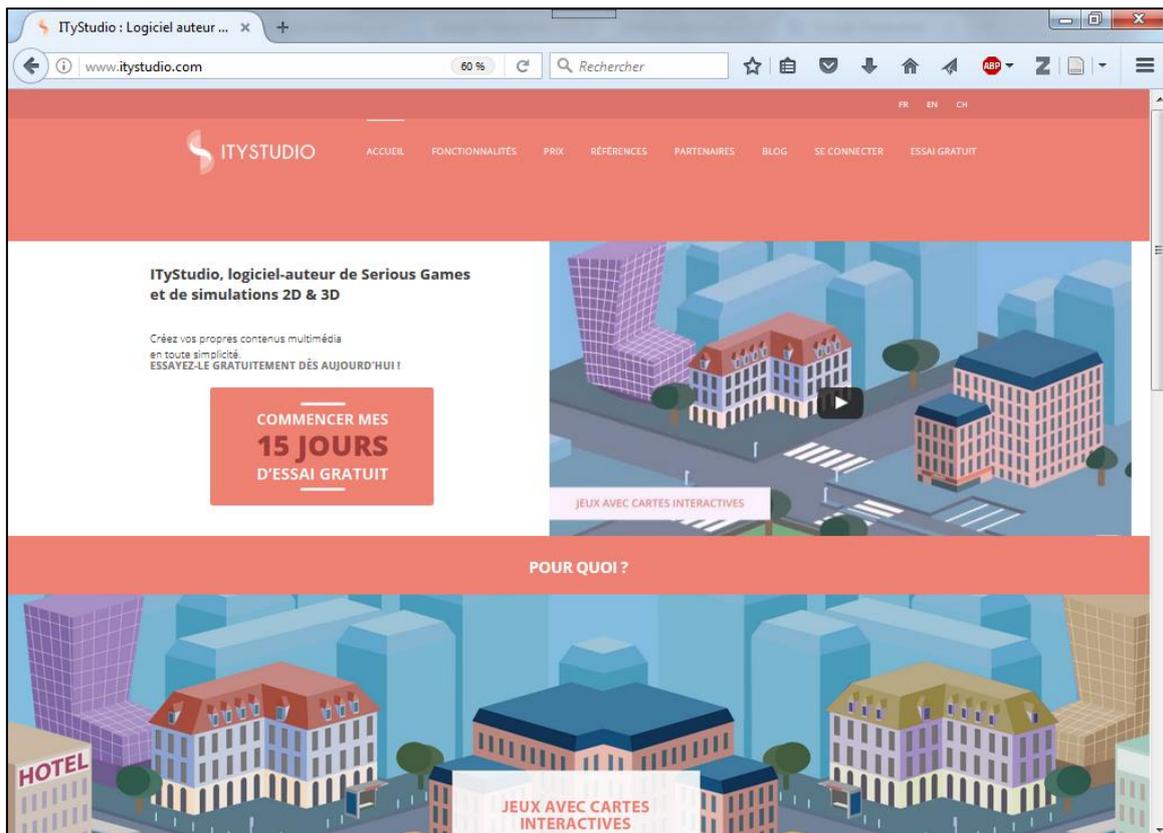


Fig. 23 : Page d'accueil du logiciel ITyStudio®

2.1.2. Grandes étapes d'utilisation

La conception du projet répond à trois grandes étapes : la configuration, l'évaluation et le scénario.

2.1.2.1. Configuration du projet

Il s'agit de la première étape de l'élaboration du projet. Celle-ci sert à définir :

- les informations générales de la simulation en élaborant une carte d'identité du projet en lui assignant un nom, une description et éventuellement un logo.
- le choix des personnages, en leur attribuant un avatar, et des décors parmi un large éventail proposé : salle de réunion, restaurant, chantier, cabinet médical etc. Il est également possible de renommer les différents protagonistes et de leur attribuer une tenue vestimentaire spécifique ; ceci, afin de se rapprocher au mieux de la situation réelle que l'on désire simuler.

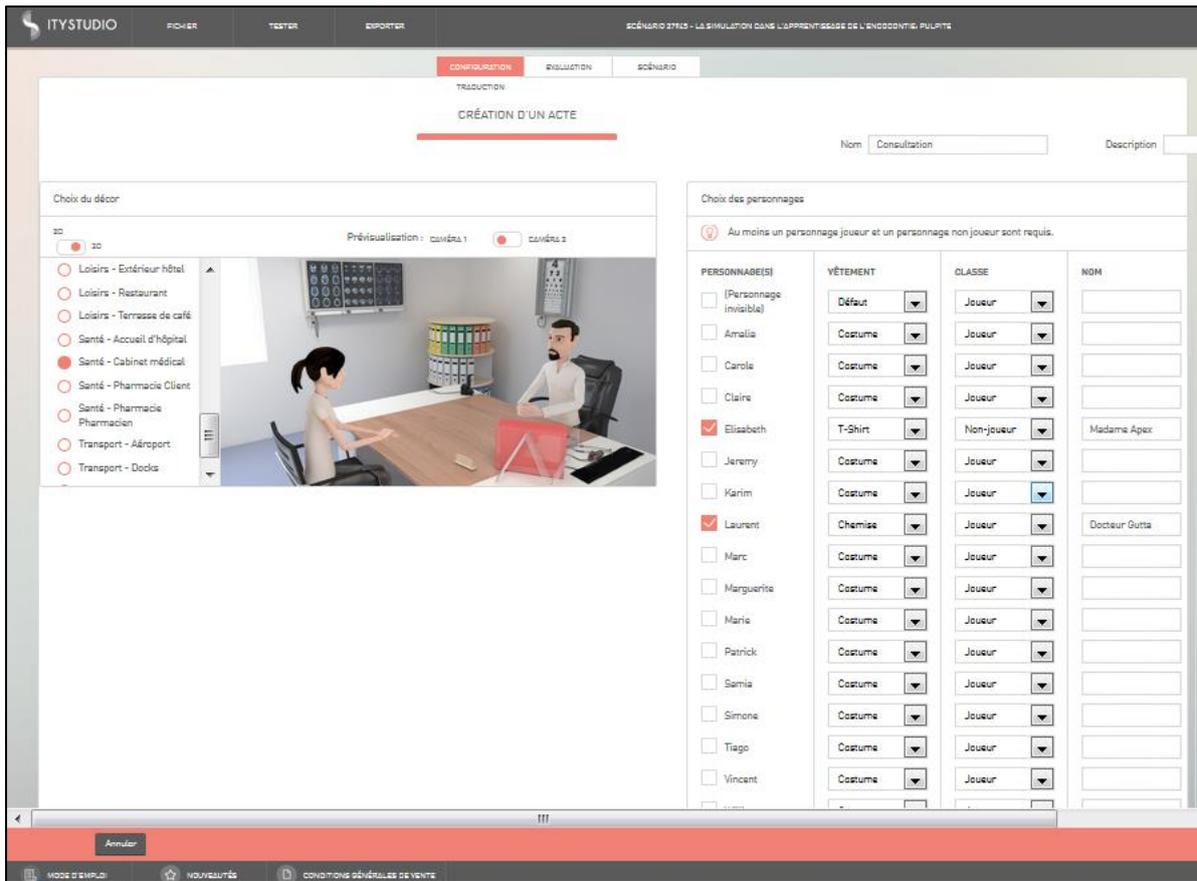


Fig. 24 : Configuration du projet : choix du décor et des personnages sur ITyStudio®

2.1.2.2. Gestion de l'évaluation

La gestion de l'évaluation définit ce qui va permettre d'évaluer l'apprenant. C'est dans cette partie que le formateur définira les différents axes d'analyse sur lesquels l'apprenant sera évalué ainsi que les feedbacks qui attesteront de son niveau de compétence actuel et qui le dirigeront efficacement vers ce qui lui reste à maîtriser afin d'évoluer rapidement.

Par exemple, il sera possible de paramétrer un axe d'analyse nommé « Accueil » avec pour description « Savoir accueillir un patient permet de le mettre à l'aise dès le début de la consultation afin que celle-ci se déroule dans les meilleures conditions » et de lui attribuer un nombre de points désirés en fonction des réponses de l'étudiant.

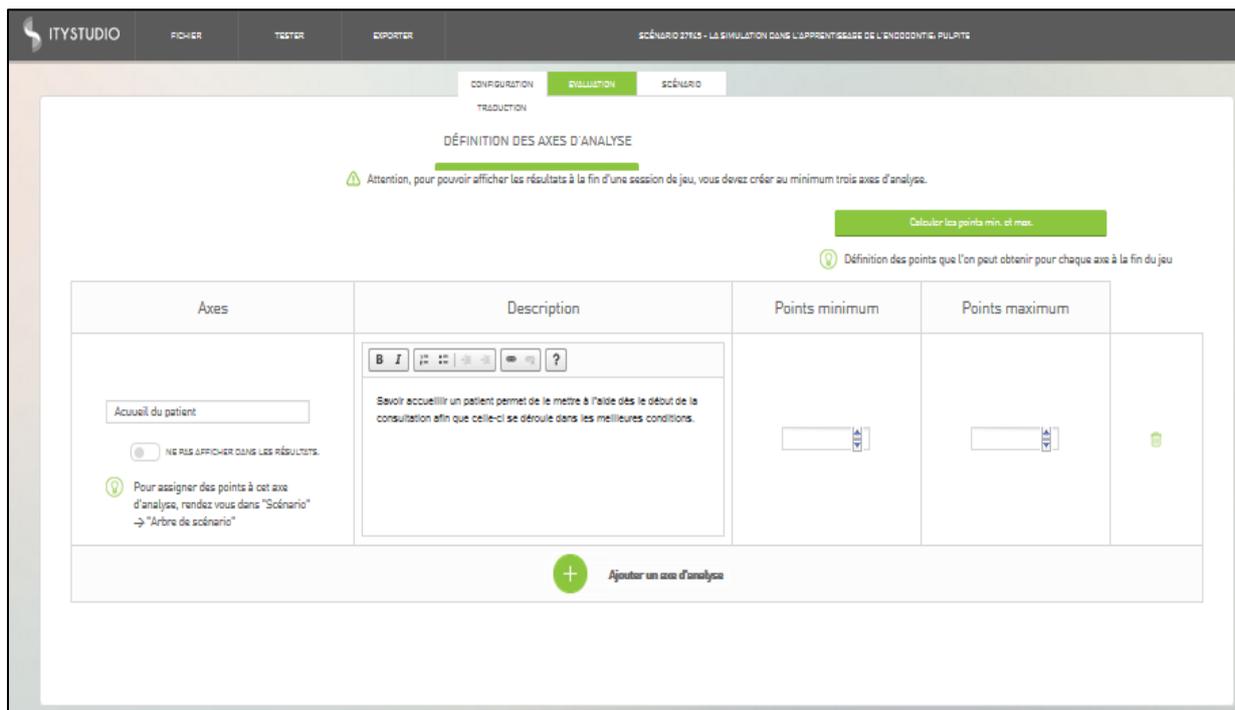


Fig. 25 : Gestion des axes d'analyse sur ITyStudio®

2.1.2.3. Scénario

Pouvant être désigné comme le cœur du logiciel, la fenêtre « Arbre de scénario » permet de créer la structure du *serious game* et d'éditer les différentes scènes afin de pouvoir insérer les répliques, les sons, et les animations spécifiques des différents protagonistes ainsi que les propositions pour l'apprenant en fin de scène.

Il est alors possible de construire un arbre de scénario adapté à la situation voulu en y ajoutant différents types de scènes (classique, média, ou quizz) et en créant des liaisons entre les scènes voulues. Celles-ci peuvent être personnalisées (nom, couleur, taille) pour une meilleure clarté lors de l'élaboration de l'arbre.

Les axes d'analyse paramétrés précédemment peuvent alors être assignés à certaines scènes pour gérer l'évaluation dans la simulation.

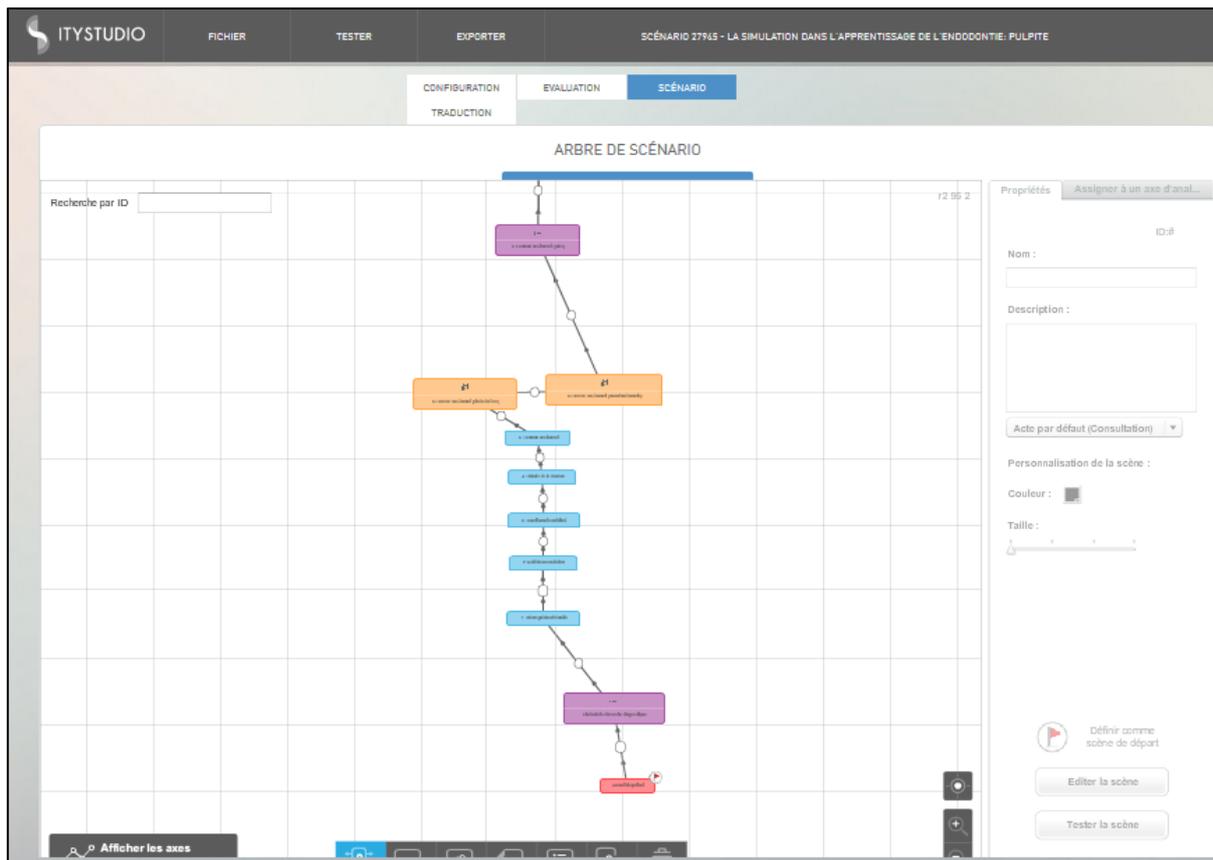


Fig. 26 : Arbre de scénario avec différents types de scènes sur ITyStudio® : en bleu, les scènes classiques ; en orange, les scènes médias et en violet, les scènes quizz

2.1.2.4. Aides et fonctionnalités supplémentaires

Tout au long de l'élaboration du projet, un mode d'emploi précis renseignant sur chacune des fonctionnalités d'ITyStudio® est accessible par un simple clic.

De plus, de nombreux tutoriels vidéos ont été postés sur la plateforme d'hébergement de vidéos Youtube pour faciliter la réalisation du scénario et rendre accessible au plus grand nombre la création de *serious game*.

Plusieurs fonctionnalités sont mises à notre disposition par ITyStudio® et parmi elles la possibilité de traduire rapidement l'ensemble de son *serious game* en plusieurs langues.

Il est également possible d'exporter ses créations afin de pouvoir les utiliser sur une multitude de dispositifs comme les ordinateurs et les tablettes.

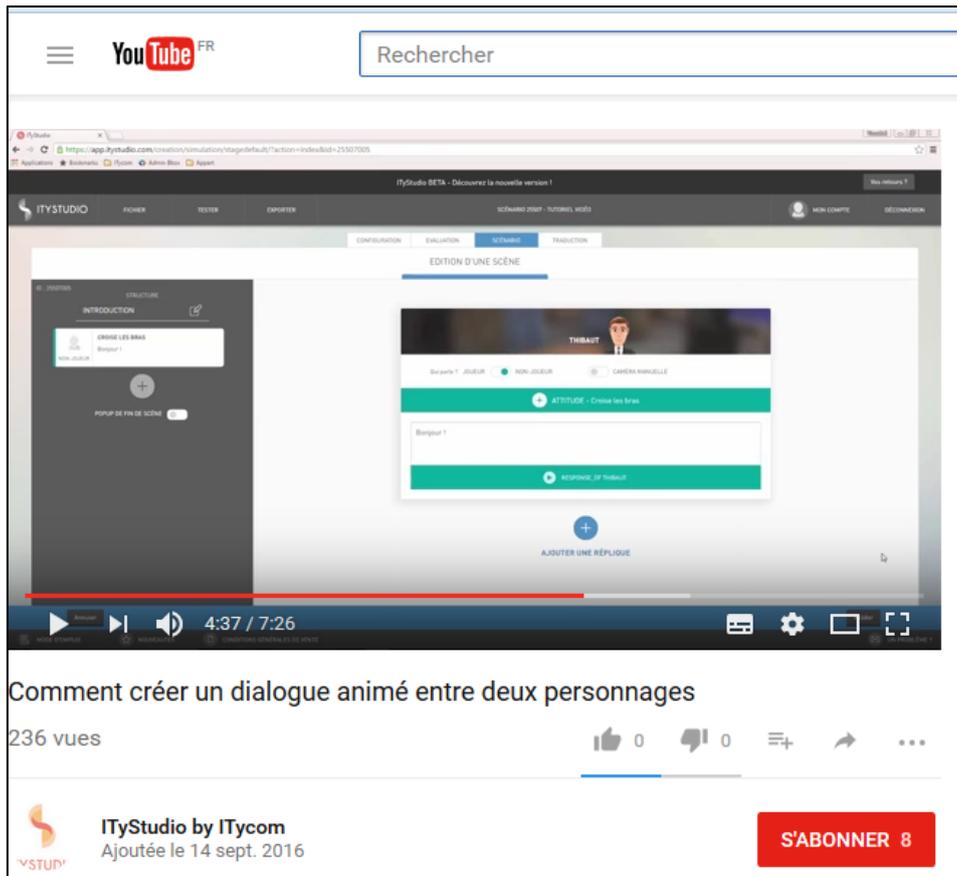


Fig. 27 : Tutoriel conçu par l'équipe d'ITyStudio® et disponible sur le lien <https://www.youtube.com/watch?v=MzgJVm13Voc>

2.2. CONSTRUCTION DU SCÉNARIO : CAS D'UNE PULPITE IRRÉVERSIBLE

Afin d'élaborer un scénario abouti, plusieurs facteurs doivent être définis.

2.2.1. Un contexte

Il s'agit de toute évidence de la pièce centrale du scénario. Le contexte sera déterminé en fonction de la pathologie ou, plus généralement, de la situation que le formateur cherche à simuler. Pour rester dans le cadre de l'Endodontie, nous pourrions par exemple choisir un contexte de parodontite apicale aigue ou de cellulite d'origine endodontique.

Si l'on souhaite simuler des situations concernant la Parodontie ou la chirurgie buccale, un contexte de parodontite chronique généralisée ou de péri coronarite suppurée pourrait être défini. Le but étant de pouvoir choisir le niveau de difficulté désiré. Dans le cadre de ce projet, un cas d'urgence endodontique et, plus précisément, de pulpite irréversible a été choisi.

2.2.2. Du contenu

Cela comporte deux éléments principaux.

2.2.2.1. Un script

En effet, chaque scène classique s'articule autour d'un dialogue entre deux personnages ; ici, le chirurgien-dentiste et la patiente venue en consultation. Qu'il s'agisse de l'accueil du patient, de l'anamnèse médicale, ou encore de l'examen endo-buccal, il faudra au préalable établir un script précis contenant le **décor** choisi, les différentes **répliques** ainsi que les **attitudes** à adopter par les personnages fictifs afin de s'approcher au mieux d'une situation réelle et de rendre l'exercice attrayant aux yeux de l'apprenant. Il est également possible d'ajouter des répliques sonores sous forme de fichiers .mp3 qui seront associées à chacune des répliques textes rendant la situation plus vivante.

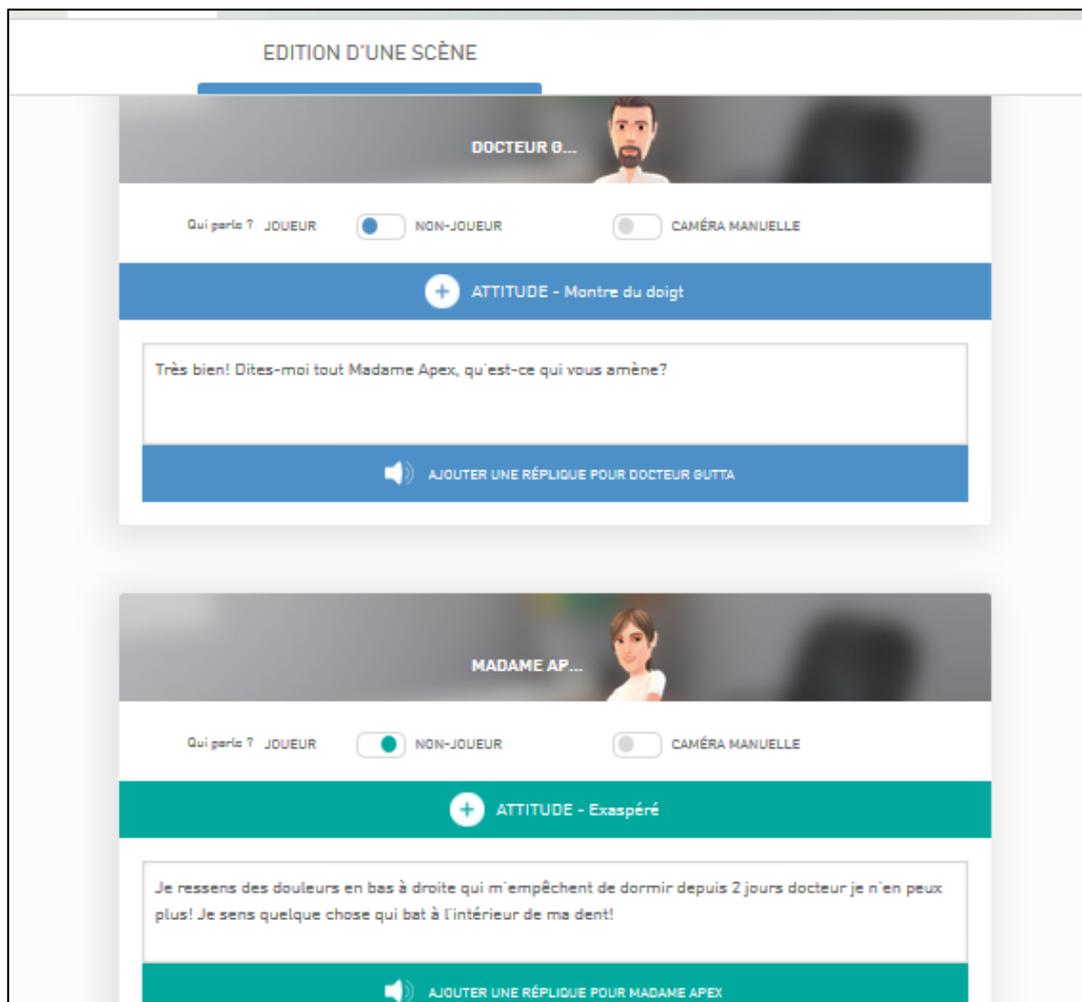


Fig. 28 : Exemple des répliques et des attitudes choisies sur ITyStudio[®] pour la scène « Motif de consultation »

Voici le rendu lorsque l'application est exécutée :



Fig. 29 : Scène « Motif de consultation » sur ITyStudio® après ajout des répliques

2.2.2.2. Du contenu média : photos et/ou vidéos

Certaines représentations iconographiques ou vidéo sont indispensables et peuvent être incorporées au sein de scènes médias. Dans notre cas, des photos de la patiente, de son ouverture buccale, de son état dentaire et des différents clichés radiographiques (orthopantomogramme et rétro-alvéolaire) étaient nécessaires.

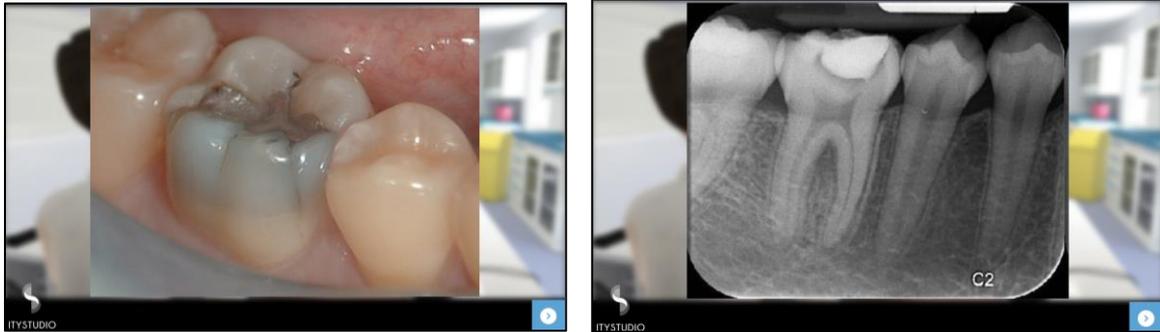


Fig. 30 : Exemple d'une photographie intrabuccale et d'un cliché radiographique incorporés au sein des scènes médias « Examen endo-buccal » et « Examen radiographique » sur ITyStudio®

2.2.3. Une évaluation

Qu'il s'agisse d'une évaluation formative, sommative, ou d'un simple entraînement, l'étudiant doit pouvoir juger et/ou être jugé sur ses compétences à raisonner cliniquement tout au long du scénario à l'aide de scènes quizz. Le formateur peut choisir le type de question désiré : question ouverte, à choix simple, à choix multiples ou avec menu déroulant et peut décider d'afficher ou non la correction à l'étudiant après que ce dernier ait sélectionné sa (ses) réponse(s).

Dans notre cas, l'étudiant devra répondre à une question ouverte et à cinq questionnaires à choix simple et multiples qu'il rencontrera au fur et à mesure de son avancé dans le cas clinique. Ceux-ci concerneront :

- le choix de sa démarche diagnostic
- l'analyse des photographies exo-buccales
- l'analyse des photographies endo-buccales
- l'analyse des clichés radiographiques
- le diagnostic final
- la thérapeutique à adopter

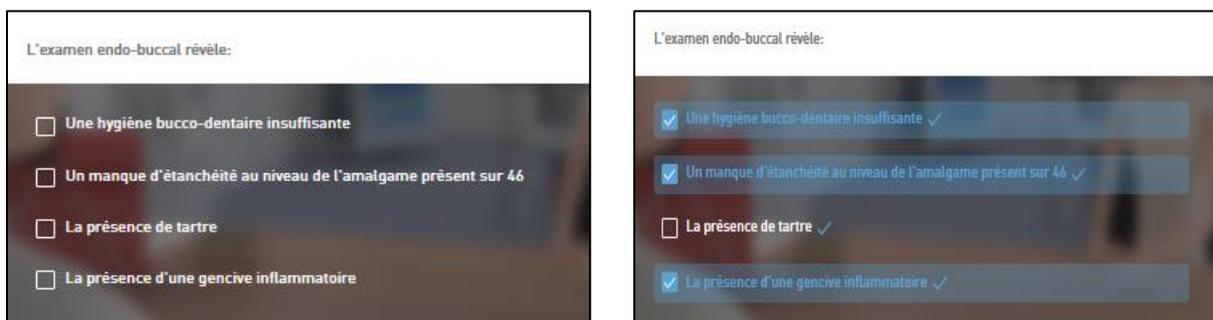
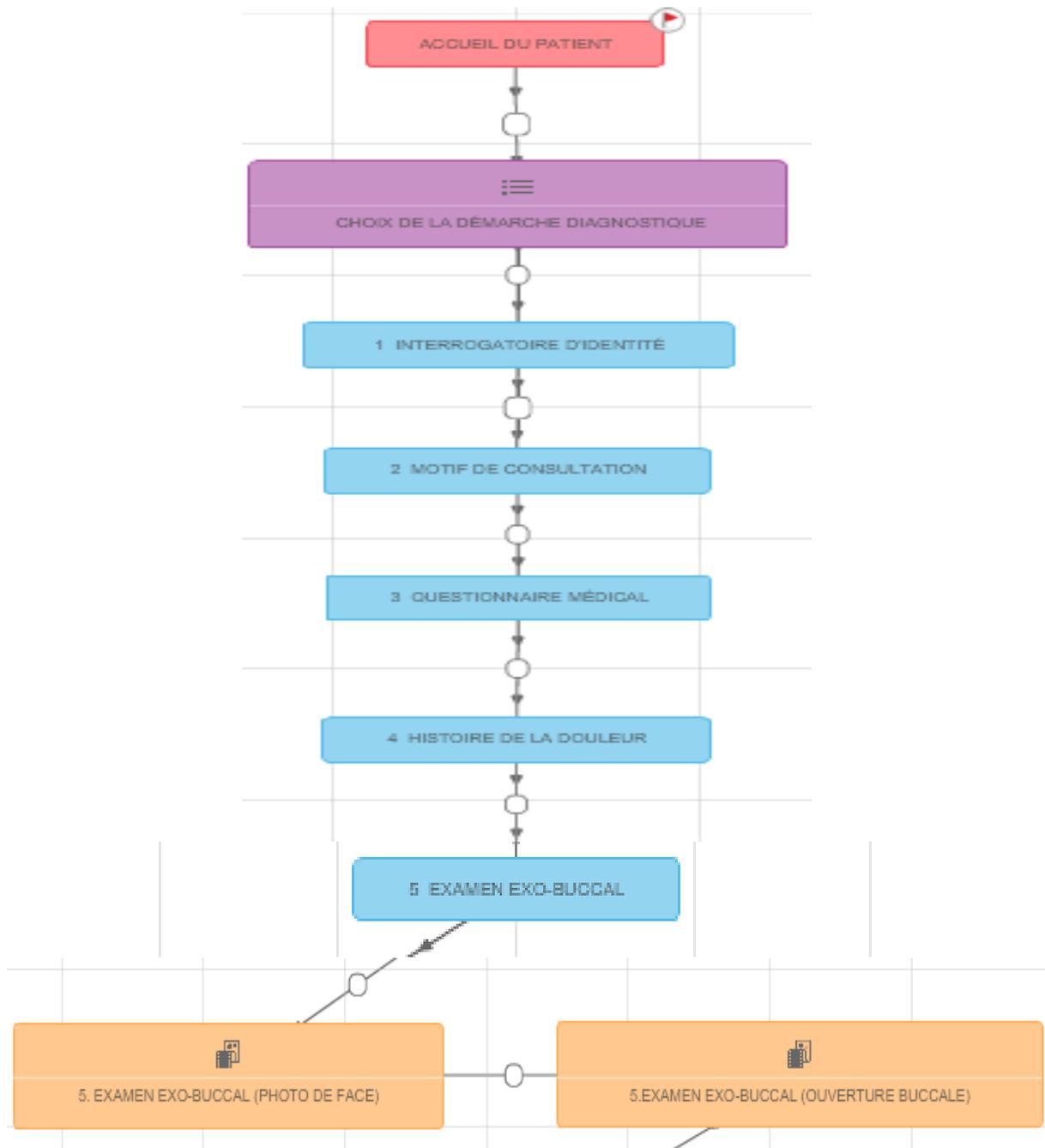


Fig. 31 : Exemple d'un questionnaire à choix multiples concernant la scène « Examen endo-buccal » et affichage de sa correction sur ITyStudio®

2.2.4. Décision finale

Après avoir pris en compte ces trois éléments (contexte, contenu média et évaluation) et défini une trame principale, le scénario final peut être élaboré tel un entonnoir jusqu'au diagnostic ultime et à la thérapeutique adéquate.

Voici l'arbre de scénario final pour notre cas de pulpite irréversible :



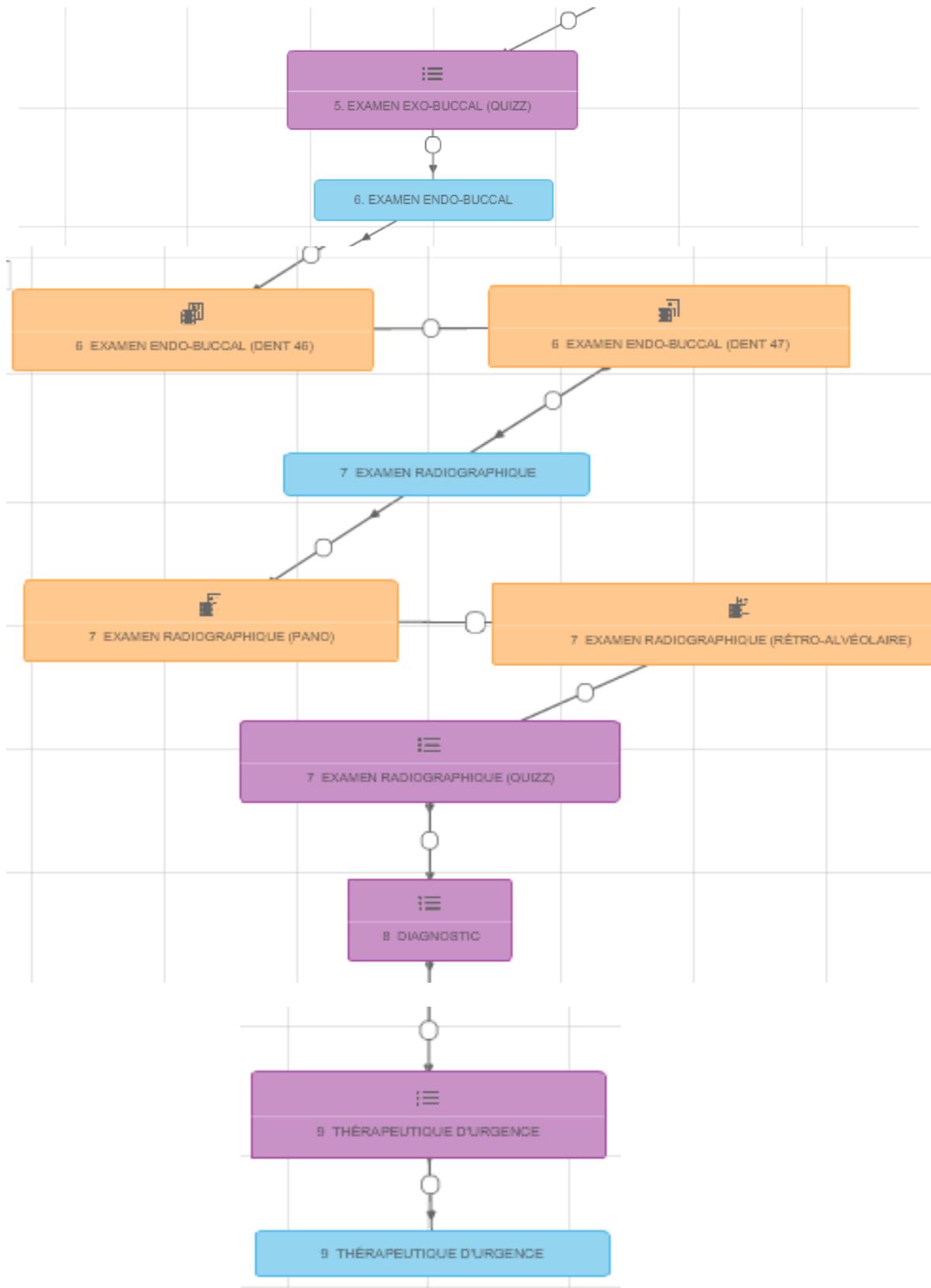


Fig. 32 : Arbre de scénario final pour le cas de pulpite irréversible avec en bleu, les scènes classiques ; en orange, les scènes médias et en violet, les scènes quizz

Détaillons à présent chacune des scènes de ce scénario telles qu'elles seront exposées à l'apprenant :



Fig. 33 : Scène de départ : scène « Accueil du patient »

Placer ces étapes dans l'ordre croissant d'apparition lors de la démarche diagnostique en inscrivant leur lettre respective (exemple: ABCDEFGH) en majuscule: A. Histoire de la douleur B. Motif de la consultation C. Questionnaire médical D.Examen endo-buccal E. Interrogatoire d'identité (Age, sexe, profession...) F. Etablissement du diagnostic positif et différentiel G. Examen exo-buccal (Inspection, palpation et amplitude d'ouverture buccale) H. Thérapeutique d'urgence I. Examen radiographique

Saisissez votre réponse

✓ EBCAGDIFH

Fig. 34 : Scène quizz : question ouverte « Choix de la démarche diagnostique » et sa correction

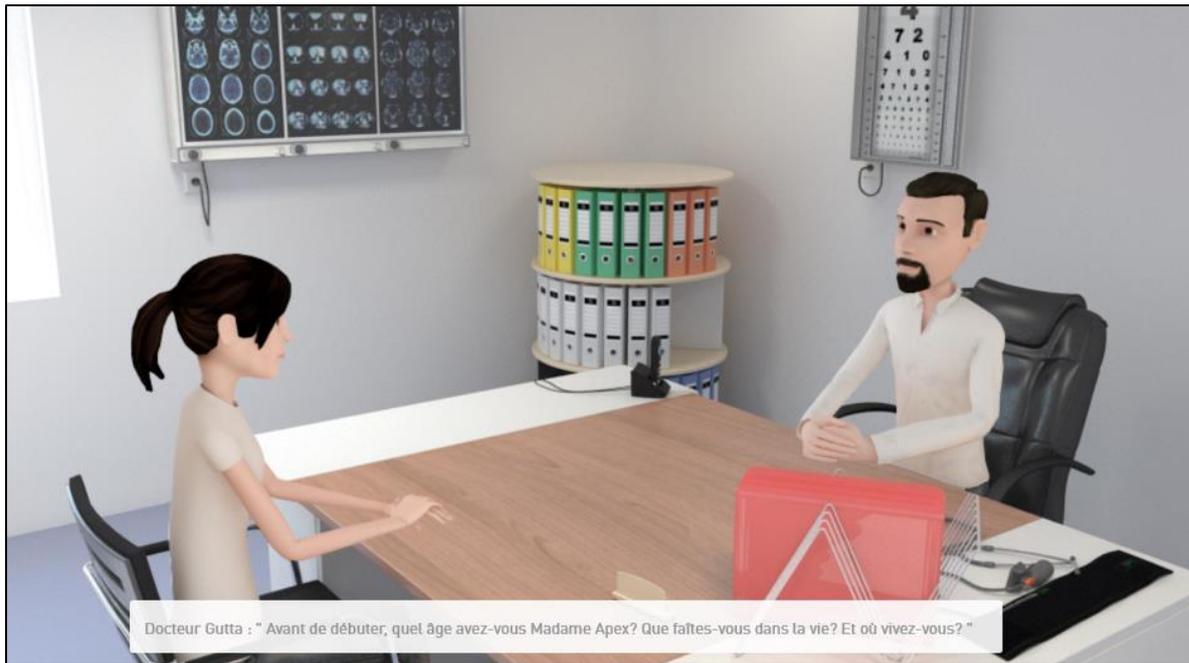


Fig. 35 et 36 : Première étape : scène « Interrogatoire d'identité »

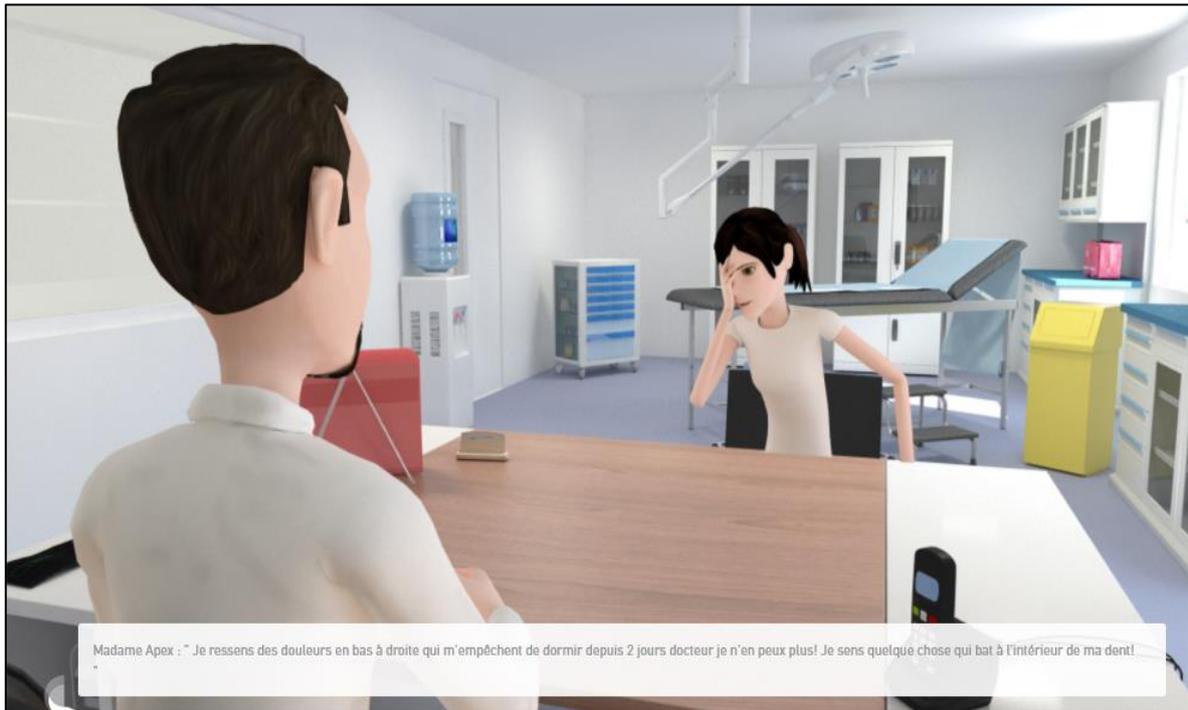


Fig. 37 et 38 : Deuxième étape : scène « Motif de consultation »

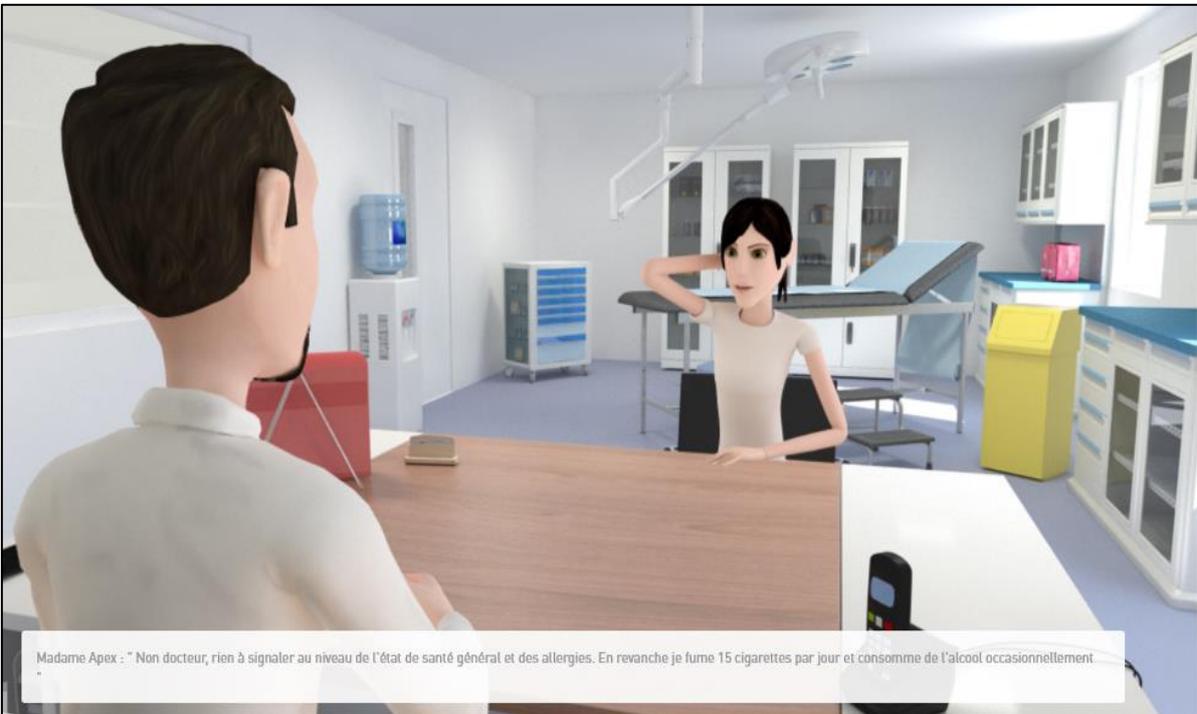
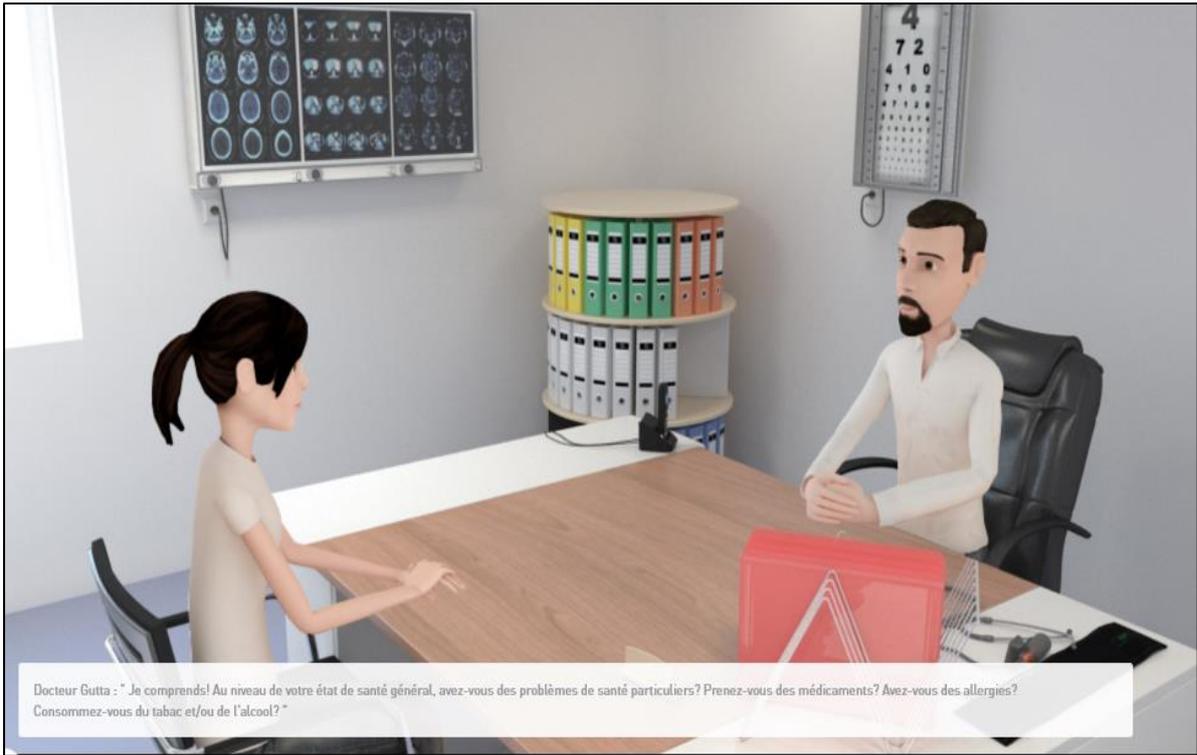


Fig. 39 et 40 : Troisième étape : scène « Questionnaire médical »

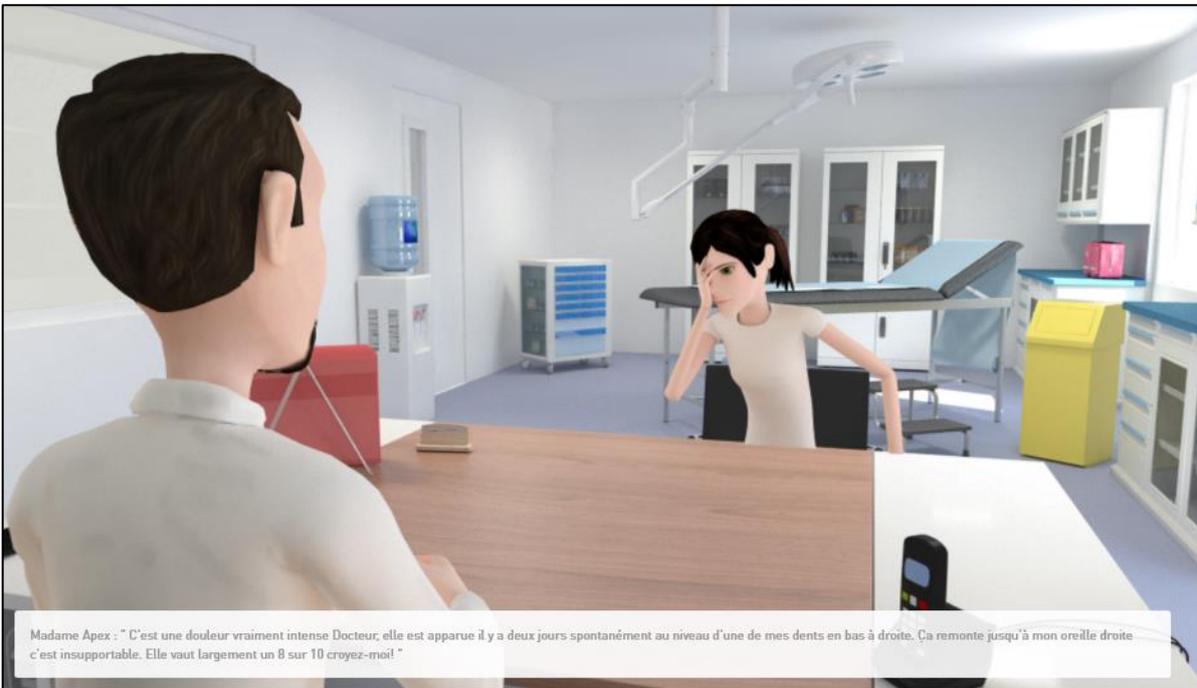
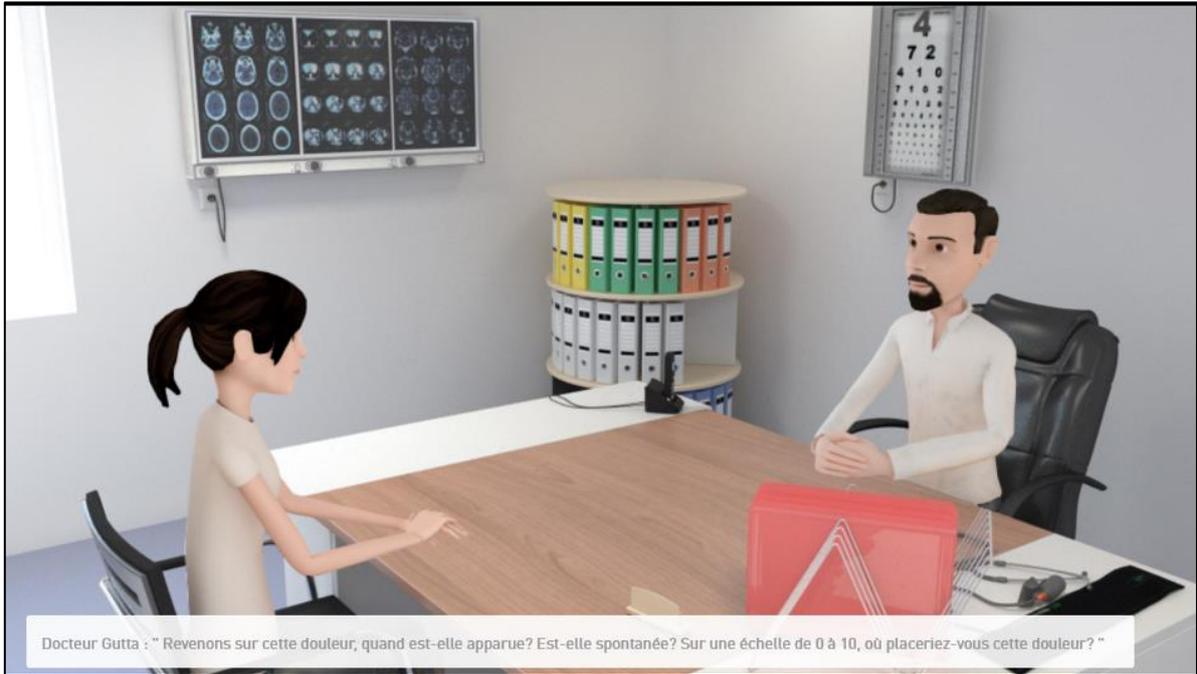


Fig. 41 et 42 : Quatrième étape : scène « Histoire de la douleur »

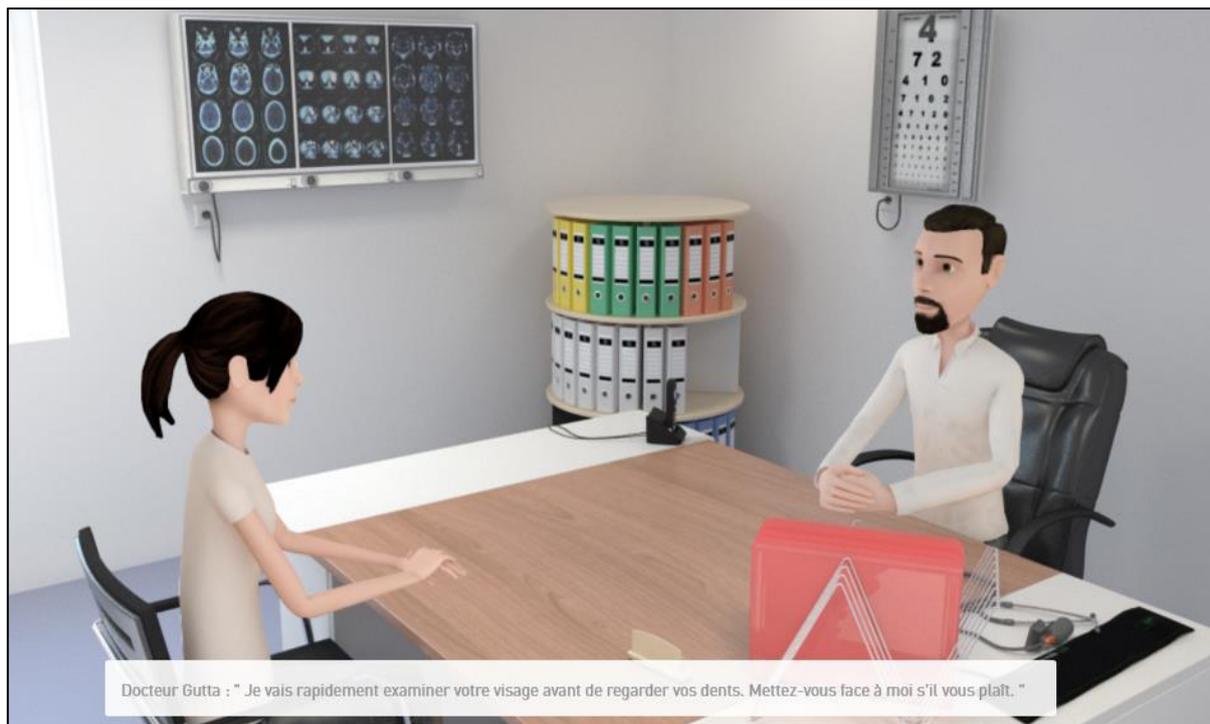


Fig. 43 : Cinquième étape : scène « Examen exo-buccal »



Fig. 44 : Cinquième étape : scène média « Examen exo-buccal, photo de face »



Fig. 45 : Cinquième étape : scène média « Examen exo-buccal, amplitude d'ouverture buccale »

Le patient présente:

- Une asymétrie faciale
- Une symétrie faciale
- Une coloration anormale des téguments
- Une tuméfaction des tissus mous
- Une amplitude d'ouverture buccale normale

Le patient présente:

- Une symétrie faciale ✓
- Une coloration anormale des téguments ✗
- Une amplitude d'ouverture buccale normale ✓

Fig. 46 : Cinquième étape : scène quizz « Examen exo buccal » et sa correction avec une mauvaise réponse de l'apprenant

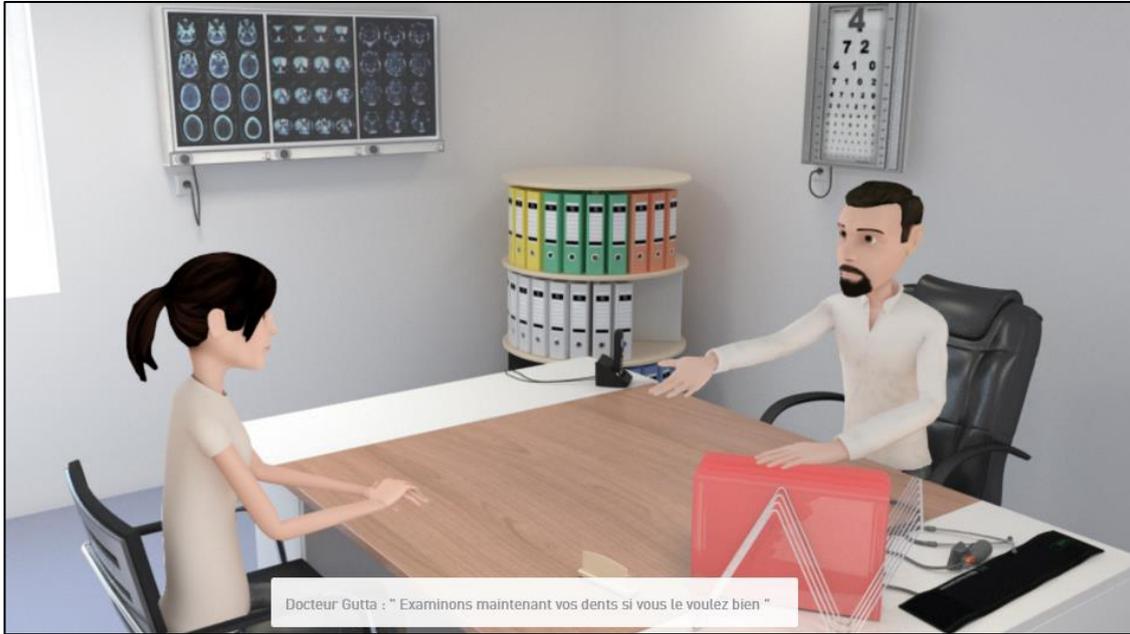


Fig. 47 : Sixième étape : scène « Examen endo-buccal »



Fig. 48 : Sixième étape : scène média « Examen endo-buccal inter-arcade »



Fig. 49 : Sixième étape : scène média « Examen endo-buccal intra-arcade »

L'examen endo-buccal révèle:

- Une hygiène bucco-dentaire insuffisante
- Un manque d'étanchéité au niveau de l'amalgame présent sur 46
- La présence de tartre
- La présence d'une gencive inflammatoire

L'examen endo-buccal révèle:

- Une hygiène bucco-dentaire insuffisante ✓
- Un manque d'étanchéité au niveau de l'amalgame présent sur 46 ✓
- La présence de tartre ✓
- La présence d'une gencive inflammatoire ✓

Fig. 50 : Sixième étape : scène quizz « Examen endo-buccal » et sa correction

Résumons:
 Au niveau de la dent n°46:
 -Pas de mobilité pathologique de la dent
 -Pas de sondage profond
 -Test électrique: Positif
 -Test au chaud: Positif et rémanent,
 exacerbe la douleur
 -Test au froid: Positif
 -Test de morsure: Négatif

Au niveau de la deuxième molaire mandibulaire droite:
 -Pas de mobilité pathologique de la dent
 -Pas de douleurs à la percussion et palpation
 -Pas de sondage profond
 -Test électrique: Positif
 -Test au chaud: Positif, non douloureux
 -Test au froid: Positif, non douloureux
 -Test de morsure: Négatif

Fig. 51 et 52 : Sixième étape : scène média « Examen endo-buccal, dents 46 et 47 »

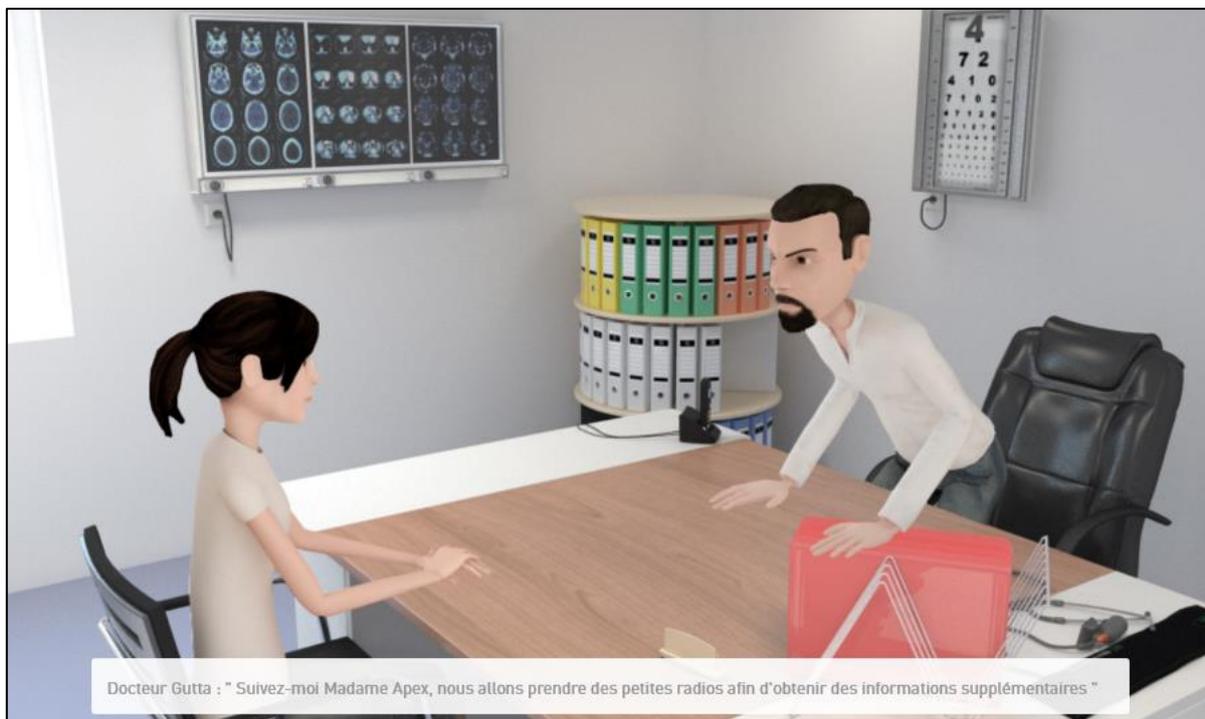


Fig. 53 : Septième étape : scène « Examen radiographique »



Fig. 54 : Septième étape : scène média « Examen radiographique, orthopantomogramme »



Fig. 55 : Septième étape : scène « Examen radiographique, cliché rétro-alvéolaire »



Fig. 56 : Septième étape : scène quizz avec question à choix multiples « Examen radiographique » et sa correction

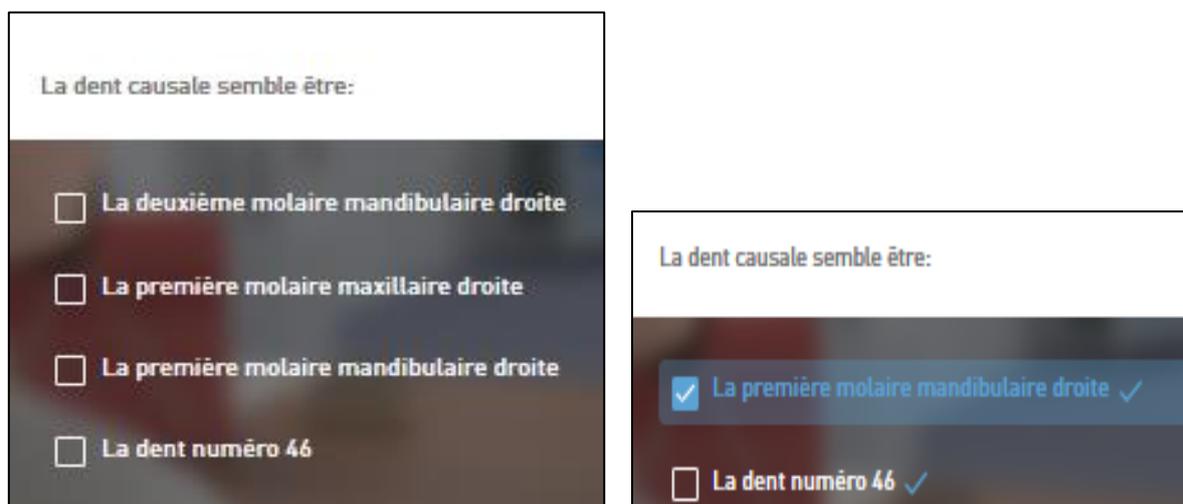


Fig. 57 : Huitième étape : scène quizz avec question à choix multiples « Diagnostic final » et sa correction

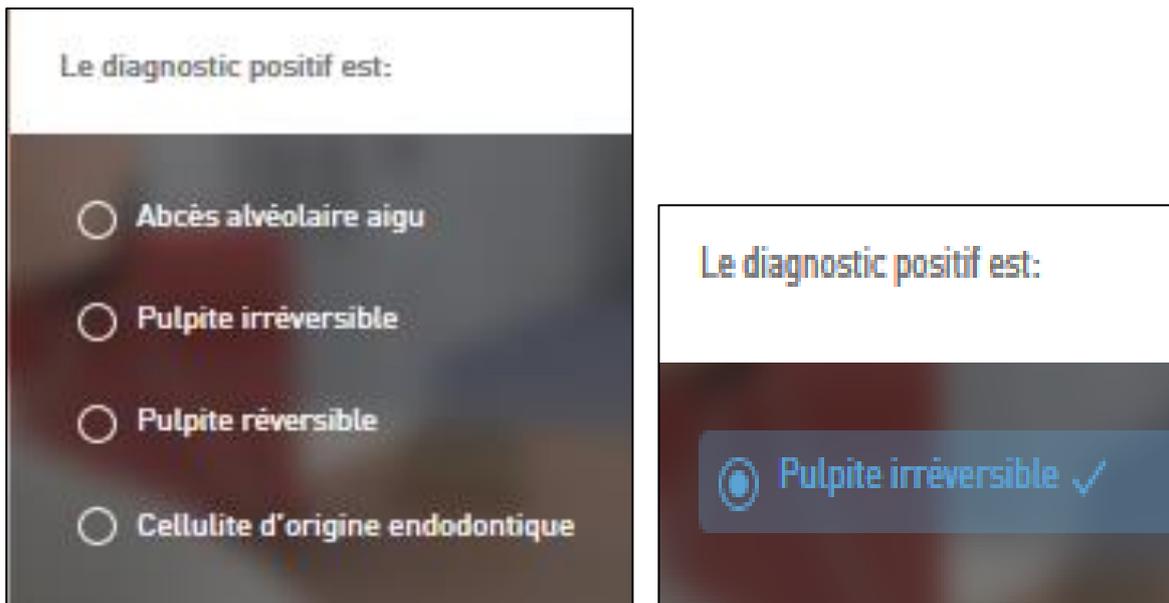


Fig. 58 : Huitième étape : scène quizz avec question à choix simple « Diagnostic final » et sa correction

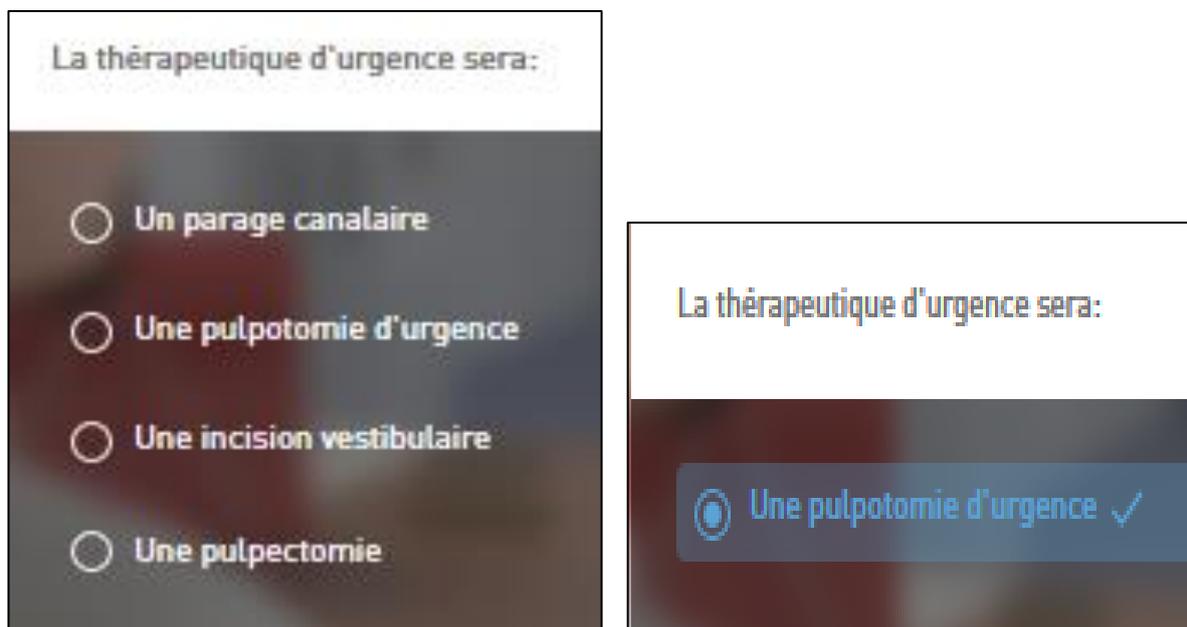


Fig. 59 : Neuvième étape : scène quizz avec question à choix simple « Thérapeutique d'urgence » et sa correction

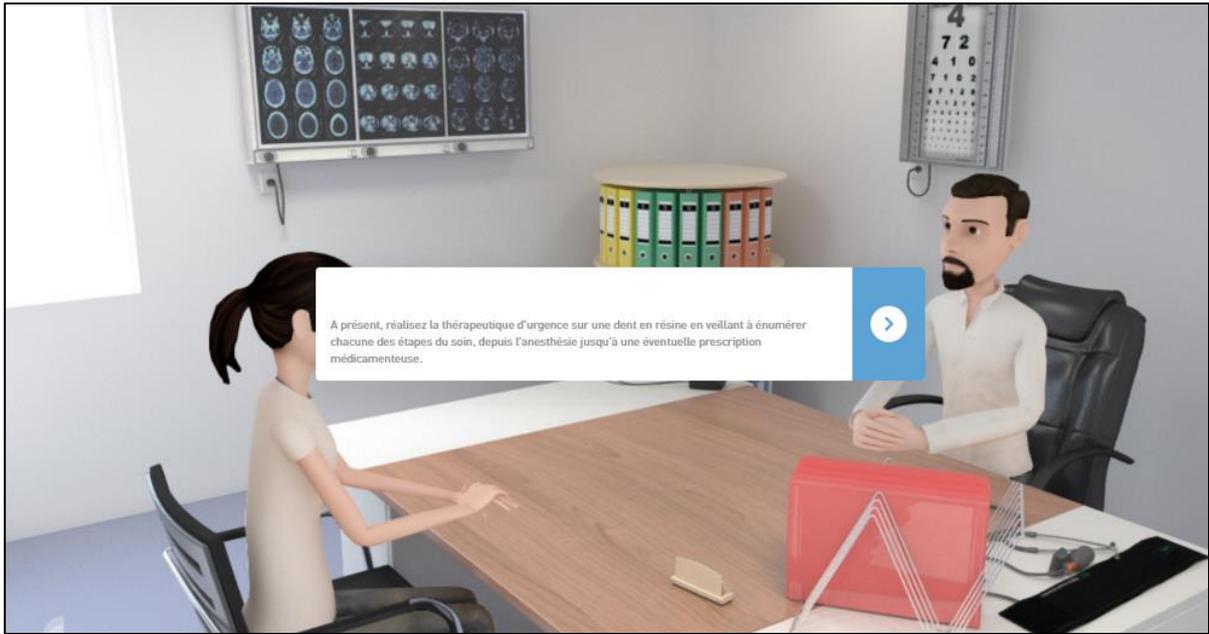


Fig. 60 : Neuvième étape : scène « Réalisation de la thérapeutique d'urgence »

2.3. FICHE SIGNALÉTIQUE

Il s'agit d'établir un descriptif précis permettant à tout formateur d'élaborer son propre scénario sous forme de *serious game* et de pouvoir ainsi simuler de multiples situations adaptées à des objectifs pédagogiques ciblés et au niveau de l'apprenant.

Ainsi, il faudra dans un premier temps créer trois différents dossiers : un premier contenant les **répliques** des personnages, un deuxième contenant les **fichiers médias** et un troisième regroupant les différents **quizz**.

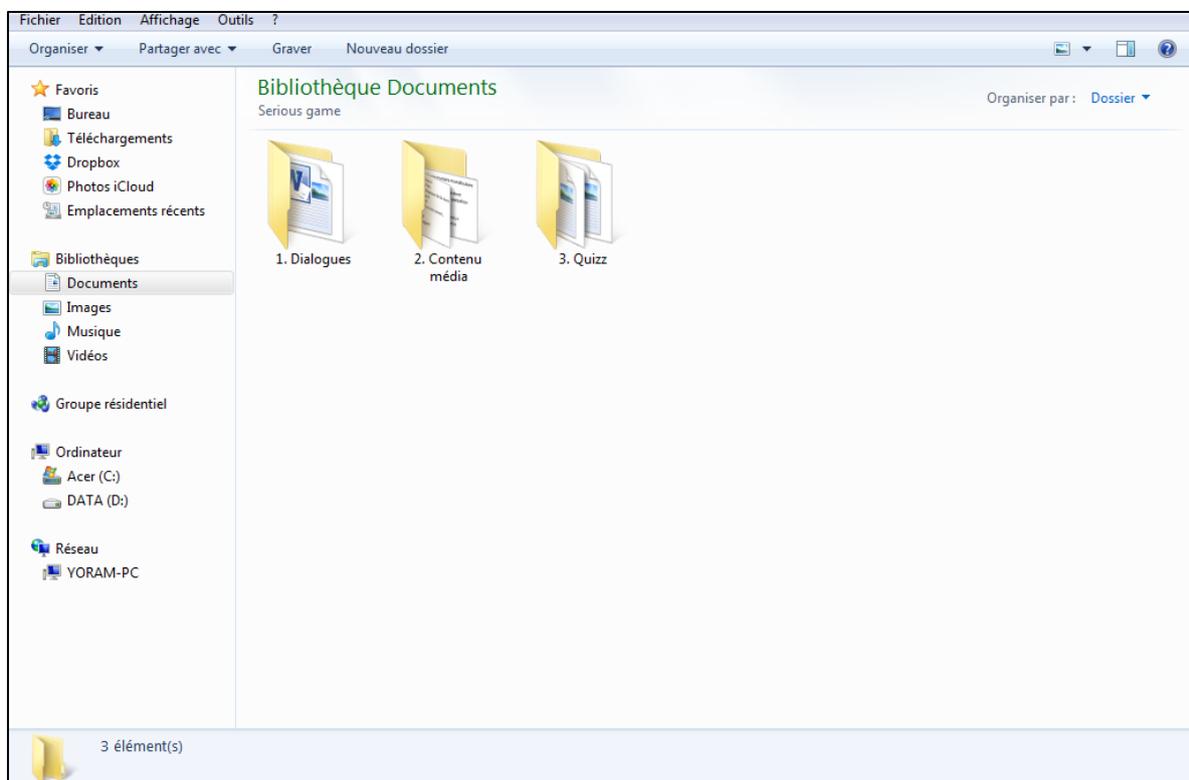
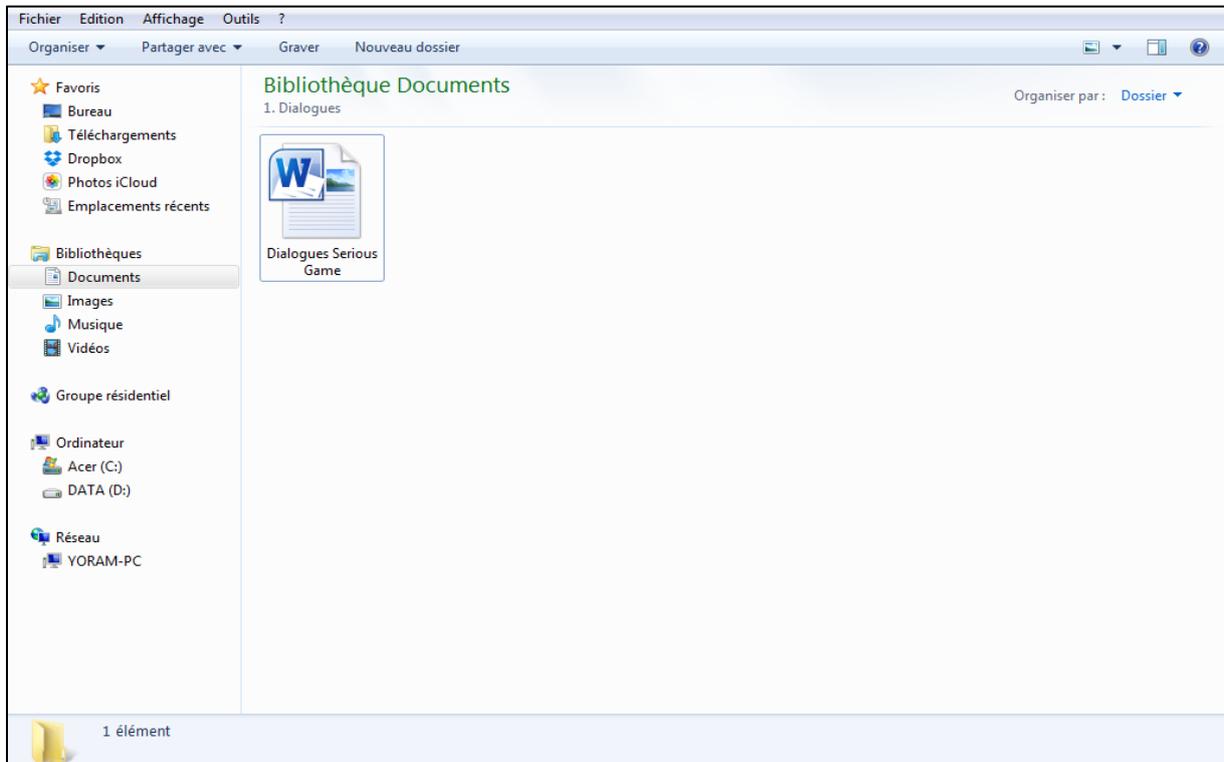


Fig. 61 : Dossiers nécessaires à la conception d'un scénario

2.3.1. Dialogues

Le premier dossier contient un fichier texte comportant les différentes **répliques** de chacun des personnages.



Dialogues Itystudio : Pulpite irréversible

Docteur : « Bonjour Madame Apex, installez-vous je vous en prie ! »

Patiente : « Merci Docteur! »

Docteur : « Avant de débiter, quel âge avez-vous Madame Apex ? Que faites-vous dans la vie ? Et où vivez-vous ? »

Patiente : « J'ai 34 ans, je suis secrétaire et je vis en banlieue parisienne. »

Docteur : « Très bien ! Dites-moi tout Madame Apex, qu'est-ce qui vous amène ? »

Patiente : « Je ressens des douleurs en bas à droite qui m'empêchent de dormir depuis 2 jours docteur je n'en peux plus ! Je sens quelque chose qui bat à l'intérieur de ma dent ! »

Docteur : « Je comprends ! Au niveau de votre état de santé général, avez-vous des problèmes de santé particuliers ? Prenez-vous des médicaments ? Avez-vous des allergies ? Consommez-vous du tabac et/ou de l'alcool ? »

Patiente : « Non docteur, rien à signaler au niveau de l'état de santé général et des allergies. En revanche je fume 15 cigarettes par jour et consomme de l'alcool occasionnellement. »

Docteur : « Revenons sur cette douleur, quand est-elle apparue ? Est-elle spontanée ? Sur une échelle de 0 à 10, où placeriez-vous cette douleur ? »

Patiente : « C'est une douleur vraiment intense Docteur, elle est apparue il y a deux jours spontanément au niveau d'une de mes dents en bas à droite. Ça remonte jusqu'à mon oreille droite c'est insupportable. Elle vaut largement un 8 sur 10 croyez-moi ! »

Docteur : « Je vais rapidement examiner votre visage avant de regarder vos dents. Mettez-vous face à moi s'il vous plaît. »

Docteur : « Examinons maintenant vos dents si vous le voulez bien. »

Docteur : « Très bien je note donc au niveau de vos dents :
Une palpation et une percussion normales, non douloureuses
Au niveau de la première molaire mandibulaire droite:
Pas de mobilité pathologique de la dent
Pas de sondage profond
Un test électrique: Positif
Un test au chaud: Positif et rémanent, qui exacerbe la douleur
Un test au froid: Positif
Un test de morsure: Négatif »

Docteur : « Au niveau de la deuxième molaire mandibulaire droite je note :
Pas de mobilité pathologique de la dent
Pas de douleurs à la percussion et palpation
Pas de sondage profond
Un test électrique: Positif
Un test au chaud: Positif, non douloureux
Un test au froid: Positif, non douloureux
Un test de morsure: Négatif »

Docteur : « Suivez-moi Madame Apex, nous allons prendre des petites radios afin d'obtenir des informations supplémentaires »

Patiente : « Allons-y Docteur, je vous suis... »

Patiente : « Que pouvons-nous faire Docteur ? »

Docteur : « Je vais tout vous expliquer... »

Fig. 62 et 63 : Contenu du dossier « Dialogues »

2.3.2. Contenu média

Le deuxième dossier présente l'ensemble **des photos et/ou des vidéos** qui seront intégrées au sein du scénario.

Ici :

- deux photos relatives à l'examen exo-buccal
- quatre à l'examen endo-buccal
- deux à l'examen radiographique.

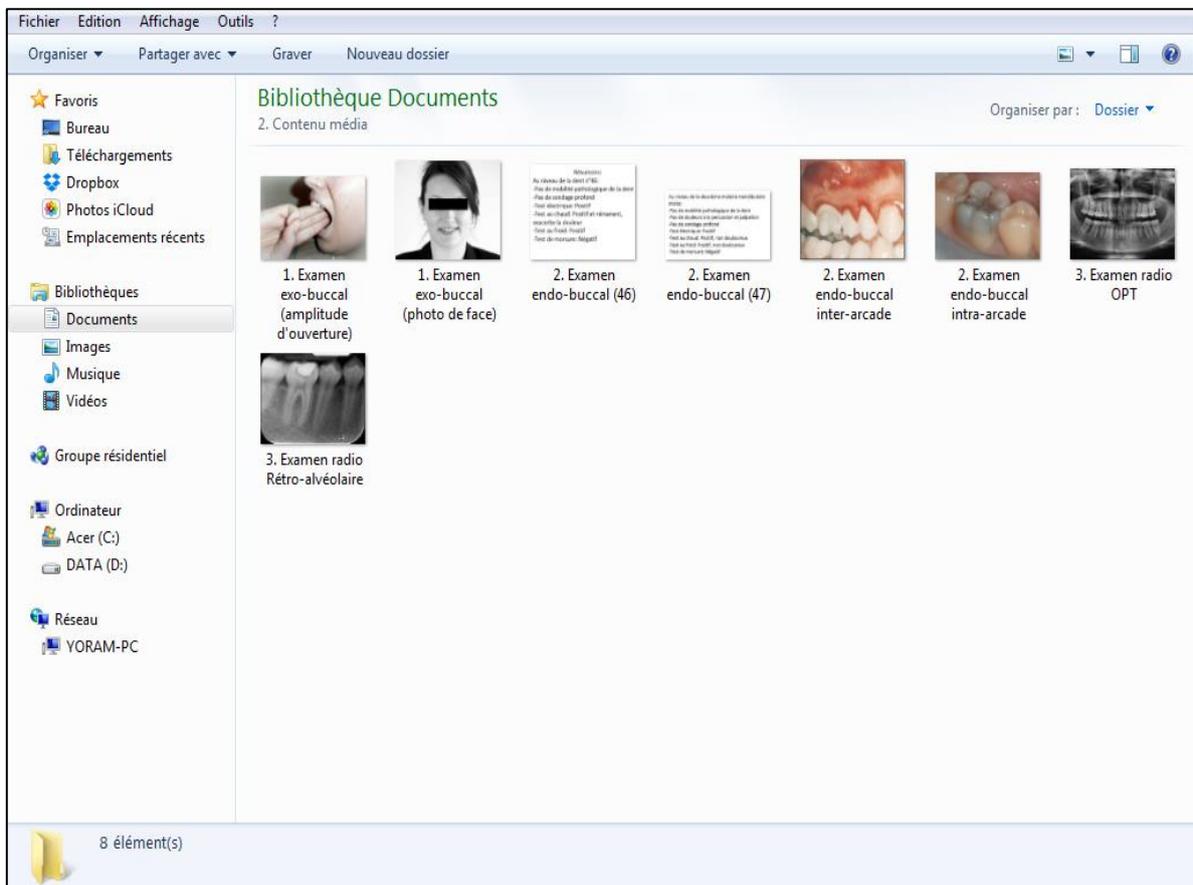


Fig. 64 : Contenu du dossier « Médias »

2.3.3. Quizz

Le troisième dossier, quant à lui, contient plusieurs fichiers textes regroupant les différents **quizz** auxquels l'étudiant devra répondre au cours du *serious game*.

Ici, six quizz portant sur :

- le choix de la démarche diagnostique
- l'examen exo-buccal
- l'examen endo-buccal
- l'examen radiographique
- le diagnostic positif
- la thérapeutique d'urgence

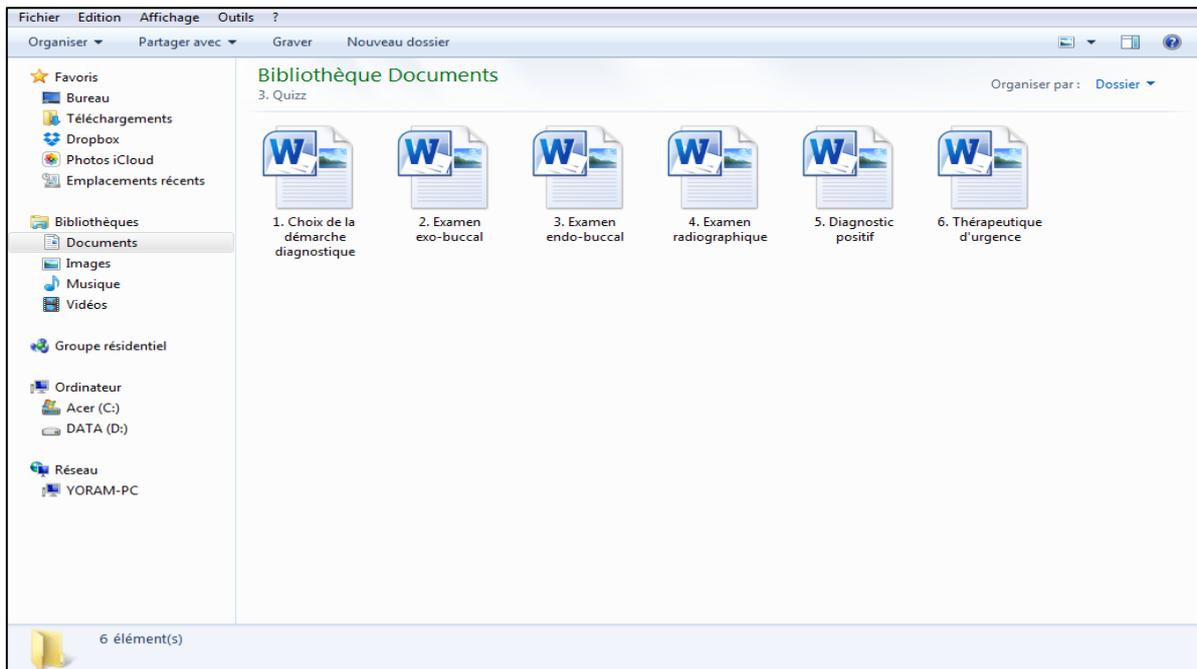


Fig. 65 : Contenu du dossier « Quizz »

En somme, après avoir réuni ces différents éléments, chaque formateur peut être en mesure de réaliser son propre scénario et d'adapter ainsi son enseignement. Le travail doit donc être fait en amont, la réalisation du *serious game* étant, par la suite, à la portée de tous.

CONCLUSION

Les différents types de simulation sont des modes d'enseignement versatiles qui ont démontré leur utilité dans la formation des professionnels de santé tout en présentant certaines limites.

Lors du cursus de formation en odontologie, le fait de travailler sur des modèles virtuels permet la répétition d'un geste ou d'un raisonnement clinique ou diagnostique autant de fois que nécessaire.

L'acquisition des connaissances s'en voit grandement améliorée et n'a pas de conséquences néfastes sur le patient.

Il est important de retenir que le projet pédagogique présenté ne tirera tous ses bénéfices qu'au sein d'un enseignement endodontique précis et cadré. Ainsi, la simulation n'est utilisée de façon optimale que lorsqu'elle est intégrée dans un curriculum incluant des objectifs clairs et un système d'évaluation.

S.Boet, J-C. Granry et G. Savoldelli résumant ainsi « l'éducation médicale, dont la simulation est une spécialité importante doit être considérée comme une science et non seulement comme un art ».

BIBLIOGRAPHIE

- Altet M. Les pédagogies de l'apprentissage. Paris: Presses universitaires de France; 2006.
- Barone C, Dao TT, Basrani BB, Wang N, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3, 4, and 5: apical surgery. *J Endod.* janv 2010;36(1):28-35.
- Barone C, Dao TT, Basrani BB, Wang N, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3, 4, and 5: apical surgery. *J Endod.* janv 2010;36(1):28-35.
- Barrows HS, Abrahamson S. THE PROGRAMMED PATIENT: A TECHNIQUE FOR APPRAISING STUDENT PERFORMANCE IN CLINICAL NEUROLOGY. *J Med Educ.* août 1964;39:802-5.
- Berg KT, Mealey KJ, Weber DE, Berg DD, Crawford AG, Jasper EH, et al. Are medical students being taught invasive skills using simulation? *Simul Healthc.* avr 2013;8(2):72-7.
- Bewley WL, O'Neil HF. Evaluation of medical simulations. *Mil Med.* oct 2013;178(10 Suppl):64-75.
- Boulet JR, Murray DJ. Simulation-based assessment in anesthesiology: requirements for practical implementation. *Anesthesiology.* avr 2010;112(4):1041-52.
- Burdea G, Coiffet P. *La Réalité virtuelle.* Paris: Hermès; 1993.
- Cain J, Piascik P. Are Serious Games a Good Strategy for Pharmacy Education? *Am J Pharm Educ* [Internet]. 25 mai 2015 [cité 28 mars 2017];79(4). Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4469013/>
- Cook DA, Erwin PJ, Triola MM. Computerized Virtual Patients in Health Professions Education: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Academic Medicine.* oct 2010;85(10):1589-602.
- Curnier F. Teaching dentistry by means of virtual reality--the Geneva project. *Int J Comput Dent.* 2010;13(3):251-63.
- Datta R, Upadhyay K, Jaideep C. Simulation and its role in medical education. *Med J Armed Forces India.* avr 2012;68(2):167-72.
- Dominici JT, Eleazer PD, Clark SJ, Staat RH, Scheetz JP. Disinfection/sterilization of extracted teeth for dental student use. *J Dent Educ.* nov 2001;65(11):1278-80.
- Dummer PM, Alodeh MH, al-Omari MA. A method for the construction of simulated root canals in clear resin blocks. *Int Endod J.* mars 1991;24(2):63-6.
- European Society of Endodontology, Gulabivala K, Ahlquist M, Cunnington S, Gambarini G, Tamse A, et al. Accreditation of postgraduate speciality training programmes in Endodontology. Minimum criteria for training Specialists in Endodontology within Europe. *Int Endod J.* sept 2010;43(9):725-37.

- European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* déc 2006;39(12):921-30.
- Feeney L, Reynolds PA, Eaton KA, Harper J. A description of the new technologies used in transforming dental education. *Br Dent J.* 12 janv 2008;204(1):19-28.
- Frank W, Wrbas K-T, Kielbassa AM. Development and Evaluation of an Endodontic Simulation Model for Dental Students. *J Dent Educ.* nov 2015;79(11):1363-72.
- Fuchs P, Moreau G, Guitton P, éditeurs. *Virtual reality: concepts and technologies.* Boca Raton, FL: CRC Press; 2011. 409 p.
- Hasselgren G, Nellestam P, Bynum-Hasselgren RM. Teeth with transparent roots--an improved teaching aid for preclinical endodontics. *J Endod.* mars 1987;13(3):126-7.
- Hasselgren G, Tronstad L. The use of transparent teeth in the teaching of preclinical endodontics. *J Endod.* août 1975;1(8):278-80.
- Hodges BD, Gaba DM. *La simulation en santé: de la théorie à la pratique.* Boet S, Granry J-C, Savoldelli G, éditeurs. Paris, France: Springer Paris : Springer e-books : Imprint: Springer : Springer e-books; 2013.
- Jackson AP, Tidmarsh BG. Simulation models for teaching endodontic surgical procedures. *Int Endod J.* mai 1993;26(3):198-200.
- Kahn H. A preclinical Dentec for teaching endodontic procedures. *J Endod.* nov 1983;9(11):506-9.
- Kneebone RL, Nestel D, Vincent C, Darzi A. Complexity, risk and simulation in learning procedural skills. *Med Educ.* août 2007;41(8):808-14.
- Kneebone RL, Nestel D, Vincent C, Darzi A. Complexity, risk and simulation in learning procedural skills. *Med Educ.* août 2007;41(8):808-14 .
- Kum KY, Spångberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd null, Seung-Jong L, et al. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod.* déc 2000;26(12):719-23.
- Leroux A-S. *Le simulateur en endodontie [Thèse d'exercice].* [France]: Université Paul Sabatier (Toulouse). Faculté de chirurgie dentaire;
- Makar AB, McMartin KE, Palese M, Tephly TR. Formate assay in body fluids: application in methanol poisoning. *Biochem Med.* juin 1975;13(2):117-26.
- McGaghie WC, Issenberg SB, Cohen ER, Barsuk JH, Wayne DB. Does Simulation-based Medical Education with Deliberate Practice Yield Better Results than Traditional Clinical Education? A Meta-Analytic Comparative Review of the Evidence. *Acad Med.* juin 2011;86(6):706-11.

- Milan F, 2 M| E| D, 2013. Using simulated patients in medical education [Internet]. KevinMD.com. 2013 [cité 1 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.kevinmd.com/blog/2013/12/simulated-patients-medical-education.html>
- Miloslavsky EM, Hayden EM, Currier PF, Mathai SK, Contreras-Valdes F, Gordon JA. Pilot Program Using Medical Simulation in Clinical Decision-Making Training for Internal Medicine Interns. *J Grad Med Educ.* déc 2012;4(4):490-5.
- Miloslavsky EM, Hayden EM, Currier PF, Mathai SK, Contreras-Valdes F, Gordon JA. Pilot Program Using Medical Simulation in Clinical Decision-Making Training for Internal Medicine Interns. *J Grad Med Educ.* déc 2012;4(4):490-5.
- Moroi K, Sato T. Comparison between procaine and isocarboxazid metabolism in vitro by a liver microsomal amidase-esterase. *Biochem Pharmacol.* 15 août 1975;24(16):1517-21.
- Nassri MRG, Carlik J, da Silva CRN, Okagawa RE, Lin S. Critical analysis of artificial teeth for endodontic teaching. *J Appl Oral Sci.* févr 2008;16(1):43-9.
- Ng WG, Donnell GN, Koch R, Bergren WR. Urinary alpha-L-fucosidase. *Birth Defects Orig Artic Ser.* 1975;11(6):335-9.
- Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The utility of simulation in medical education: what is the evidence? *Mt Sinai J Med.* août 2009;76(4):330-43.
- Palter VN, Grantcharov TP. Virtual reality in surgical skills training. *Surg Clin North Am.* juin 2010;90(3):605-17.
- Peterson WR. A technique for preparing an artificial tooth for endodontic access preparation. *J Endod.* mars 1980;6(3):490-4.
- Pinsky LD, Tilk MA. Further observations on the use of transparent teeth in the teaching of preclinical endodontics. *J Endod.* juin 1979;5(6):192.
- Prakash null, Prabhu LV, Rai R, D'Costa S, Jiji PJ, Singh G. Cadavers as teachers in medical education: knowledge is the ultimate gift of body donors. *Singapore Med J.* mars 2007 ;48(3):186-189; quiz 190.
- Quinton, André. L'enseignement du Raisonnement clinique : les stratégies diagnostique et thérapeutique, l'établissement du pronostic. *Docimologie sur le raisonnement clinique.* [Internet]. 2007. Disponible sur : <http://www.crame.u-bordeaux2.fr/pdf/enseignementraisonnementclinique.pdf>
- Reader CM, Kleier DJ, College C, Bujanda-Wagner S. Anatomical artificial teeth for teaching preclinical endodontics. *J Dent Educ.* mars 1994;58(3):229-32.
- Reader CM, Kleier DJ, College C, Bujanda-Wagner S. Anatomical artificial teeth for teaching preclinical endodontics. *J Dent Educ.* mars 1994;58(3):229-32.
- Riley RH. *Manual of Simulation in Healthcare.* Oxford University Press; 2008. 566 p.

- Robberecht L, Chai F, Dehurtevent M, Marchandise P, Bécavin T, Hornez J-C, et al. A novel anatomical ceramic root canal simulator for endodontic training. *Eur J Dent Educ.* 5 mai 2016;
- R. van Joolingen W, de Jong T. Characteristics of simulations for instructional settings. *Education and Computing.* janv 1991;6(3-4):241-62.
- Sauveur G, Boucher Y. A teaching model for endodontic surgery. *Int Endod J.* mars 1998;31(2):133-6.
- Savoldelli GL, Naik VN, Hamstra SJ, Morgan PJ. Barriers to use of simulation-based education. *Can J Anaesth.* nov 2005;52(9):944-50.
- Schäfer E, Tepel J, Hoppe W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 2. Instrumentation of curved canals. *J Endod.* oct 1995;21(10):493-7.
- Schleyer TK, Thyvalikakath TP, Spallek H, Dziabiak MP, Johnson LA. From information technology to informatics: the information revolution in dental education. *J Dent Educ.* janv 2012;76(1):142-53.
- Shapiro MJ, Morey JC, Small SD, Langford V, Kaylor CJ, Jagminas L, et al. Simulation based teamwork training for emergency department staff: does it improve clinical team performance when added to an existing didactic teamwork curriculum? *Qual Saf Health Care.* 12 janv 2004;13(6):417-21.
- Spent A, Kahn H. The use of a plastic block for teaching root canal instrumentation and obturation. *J Endod.* sept 1979;5(9):282-4.
- Steiner JC, Van Hassel HJ. An effective endodontic teaching manikin. *J Dent Educ.* juill 1972;36(7):26-9.
- Suebnukarn S, Hataidechadusadee R, Suwannasri N, Suprasert N, Rhienmora P, Haddawy P. Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models. *Int Endod J.* nov 2011;44(11):983-9.
- Tanzawa T, Futaki K, Tani C, Hasegawa T, Yamamoto M, Miyazaki T, et al. Introduction of a robot patient into dental education. *Eur J Dent Educ.* févr 2012;16(1):e195-199.
- Tanzawa T, Futaki K, Tani C, Hasegawa T, Yamamoto M, Miyazaki T, et al. Introduction of a robot patient into dental education. *Eur J Dent Educ.* févr 2012;16(1):e195-199.
- Tardif J, Presseau A. *Intégrer les nouvelles technologies de l'information: quel cadre pédagogique?* Paris, France: ESF, DL 2000; 2000. 126 p.
- Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 2. *Int Endod J.* mai 2000;33(3):255-61.

- Tichit A. A propos de l'enseignement préclinique de la mise en forme en endodontie [Thèse d'exercice]. [France]: Université Paris Diderot - Paris 7. UFR d'Odontologie;
- Wayne DB, McGaghie WC. Use of simulation-based medical education to improve patient care quality. *Resuscitation*. nov 2010;81(11):1455-6.
- Weine FS, Kelly RF, Bray KE. Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *J Endod*. oct 1976;2(10):298-303.
- Yoshida Y, Yamaguchi S, Kawamoto Y, Noborio H, Murakami S, Sohmura T. Development of a multi-layered virtual tooth model for the haptic dental training system. *Dent Mater J*. 2011;30(1):1-6.
- Zendejas B, Brydges R, Wang AT, Cook DA. Patient outcomes in simulation-based medical education: a systematic review. *J Gen Intern Med*. août 2013;28(8):1078-89.
- Zendejas B, Wang AT, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. Cost: the missing outcome in simulation-based medical education research: a systematic review. *Surgery*. févr 2013;153(2):160-76.
- Zerbib M. Apport de la réalité virtuelle dans l'enseignement préclinique de l'odontologie restauratrice [Thèse d'exercice]. [France]: Université Paris Diderot - Paris 7. UFR d'Odontologie; 2013.
- Instructional simulation. In: Wikipedia, the free encyclopedia [Internet]. 2016. Disponible sur: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Instructional_simulation&oldid=700353827
- Accueil | Légifrance, le service public de l'accès au droit - Accueil [Internet]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/>
- Dentalike 3D tooth for training and testing [Internet]. Disponible sur: <http://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Accessories/Dentalike.aspx#>
- Endodontic system for training [Internet]. Disponible sur: <http://www.protrain.it/en/index.php?v=2>
- Haptel [Internet]. Disponible sur: <http://www.haptel.kcl.ac.uk/>
- Haute Autorité de Santé - Simulation en santé [Internet]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_930641/simulation-en-sante
- ITyStudio: Logiciel auteur de serious game [Internet]. ITyStudio. Disponible sur: <http://www.itystudio.com/>
- Programme des Patients Standardisés - Programme des Patients Standardisés - UNIGE [Internet]. Disponible sur: <http://www.unige.ch/medecine/ps/>
- Simulation médicale, formation au centre interprofessionnel de Genève [Internet]. Disponible sur: <http://cis-ge.ch/>

Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ni improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire.

ABEN-DANAN Yoram. La simulation dans l'apprentissage de l'Endodontie. 2017. 75 p. : ill., graph. Réf. Biblio. : 70-74.

Sous la direction de : Pr Stéphane SIMON

Th : Chir Dent. : Paris 7 : année 2017

RESUMÉ en français :

Le passage des étudiants de la phase dite « pré-clinique » à la pratique réelle s'avère être une transition délicate, notamment en ce qui concerne la pratique de l'Endodontie. En effet, cette discipline complexe requiert une précision et une technique rigoureuse, nécessitant une période d'apprentissage répondant à des objectifs pédagogiques bien déterminés. La simulation est au carrefour des formations, son utilisation dans le cadre de l'apprentissage de l'Endodontie est incontournable et prédite à un bel avenir.

L'objectif de ce travail de thèse est donc, dans un premier temps, de faire le point dans la littérature sur la simulation utilisée lors de la formation médicale et odontologique. Dans un second temps, nous proposerons la mise en place d'une simulation de prise en charge d'un patient lors d'une situation clinique d'urgence d'origine endodontique. La production finale de ce travail consistera en la réalisation d'un *serious game* et d'un protocole descriptif permettant à tout formateur de réaliser son propre scénario et de l'adapter à ses besoins pédagogiques.

TITRE en anglais : Simulation in Endodontic education

DISCIPLINE : Endodontie

MOTS-CLÉS Français : Endodontie ; Simulation ; Formation initiale ; Jeu sérieux

MOTS-CLÉS Anglais : Endodonty ; Simulation ; Initial training ; Serious game