



HAL
open science

Intérêts de la simulation virtuelle dans l'apprentissage de la gestion des traumatismes sur les dents permanentes immatures

Sophia Pellegrino

► **To cite this version:**

Sophia Pellegrino. Intérêts de la simulation virtuelle dans l'apprentissage de la gestion des traumatismes sur les dents permanentes immatures. Chirurgie. 2021. dumas-03650905

HAL Id: dumas-03650905

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03650905v1>

Submitted on 25 Apr 2022

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

THESE

**POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université

(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales

(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire

(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Intérêts de la simulation virtuelle dans l'apprentissage de
la gestion des traumatismes sur les dents permanentes
immatures***

Présentée par

PELLEGRINO Sophia

Née le 14 mai 1995

A Marseille

Thèse soutenue le

1er octobre 2021

Devant le jury composé de

Président : Professeur TARDIEU Corinne

Assesseurs : Docteur GIRAUDEAU Anne

Docteur CAMOIN Ariane

Docteur CASAZZA Estelle

Invité : Docteur MADENIAN Pauline

THESE

**POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Intérêts de la simulation virtuelle dans l'apprentissage de
la gestion des traumatismes sur les dents permanentes
immatures***

Présentée par

PELLEGRINO Sophia

Née le 14 mai 1995

A Marseille

Thèse soutenue le

1er octobre 2021

Devant le jury composé de

Président : Professeur TARDIEU Corinne

Assesseurs : Docteur GIRAUDEAU Anne

Docteur CAMOIN Ariane

Docteur CASAZZA Estelle

Invité : Docteur MADENIAN Pauline

ADMINISTRATION

Mise à jour : sept. 2020

Doyens Honoraires

SANGIUOLO†

Professeur Raymond

Professeur Henry ZATTARA
Professeur André SALVADORI
Professeur Jacques DEJOU

Doyen

Assesseurs

Professeur Bruno FOTI
Professeur Michel RUQUET
Professeur Anne RASKIN

Directeurs de Départements

Formation Initiale

Professeur Michel RUQUET

Recherche

Formation Continue

Professeur Anne RASKIN
Professeur Frédéric BUKIET

Charges de missions

Relations Internationales

Professeur Hervé TASSERY

Internat et Diplômes d'études spécialisées
CORTI

Professeur Virginie MONNET-

Affaires générales

Docteur Patrick TAVITIAN

Responsable des Services Administratifs et Techniques

Madame Katia LEONI

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (56-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
ORTHLIEB Jean-Daniel (58-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS EMERITES

DEJOU Jacques
HUE Olivier

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
BANDON Daniel (56-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	LAURENT Patrick (57-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MAILLE Gérald (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TERRER Elodie (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES ASSOCIES

BALLESTER Benoît (58-01)
BLANCHET Isabelle (56-01)
MENSE Chloé (58-01)
SILVESTRI Frédéric (58-01)

ASSISTANTS HOSPITALIERS ET UNIVERSITAIRES

AL AZAWI Hala (56-01)	HAHN-GOLETTI Larissa (58-01)
ANTEZACK Angeline (57-01)	LAURENT Camille (58-01)
ARNIER Canelle (56-01)	LIOTARD Alicia (58-01)
BAUDINET Thomas (58-01)	MADENIAN Pauline (58-01)
BRINCAT Arthur (57-01)	MANSUY Charlotte (58-01)
BROS Agnès (56-01)	MARTIN William (56-01)
CASAZZA Estelle (56-01)	MATERRA Rémi (58-01)
CASTRO Romain (57-01)	PARFU Anne (58-01)
CHIARINI Thomas (58-01)	PASCHEL Laura (58-01)
DAVID Laura (56-01)	PILLIOL Virginie (58-01)
DRAUSSIN Thierry (57-01)	ROUSCOFF Eva (56-01)
DUMAS Cathy (57-01)	SANTUNIONE Charlotte (58-01)
FAURE-BRAC Mathias (57-01)	VINAÏ Michael (56-01)
FERRE Enzo (58-01)	
HADJ-SAID Mehdi	

ASSISTANTS DES UNIVERSITES ASSOCIES

GRINE Ghilès (57-01)
HOUVENAEGHEL Brice (57-01)

Intitulés des sections CNU :

- 56^{ème} section : Développement, croissance et prévention
- 56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale
- 56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
- 57^{ème} section : Chirurgie orale ; Parodontologie ; Biologie Orale
- 57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale
- 58^{ème} section : Réhabilitation orale
- 58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

**A notre présidente de jury
Madame le Professeur Corinne TARDIEU,**

Je vous remercie très chaleureusement d'avoir accepté de présider ce travail qui symbolise pour moi, la fin d'un voyage et le début de nouvelles aventures.

Durant toutes ses années vous avez toujours su me consacrer du temps lorsque j'étais amenée à vous solliciter en tant que représentante étudiante ou lorsque j'étais en quête de réponses à mes nombreuses questions d'odontologie pédiatrique. De ce fait, je vous remercie de vous être rendue disponible, accessible et à mon écoute.

Même si nos points de vue ont divergé de temps à autre sur certains sujets, sachez que j'ai toujours adoré converser et échanger avec vous.

Ces lundis après-midi, aussi brefs furent-ils, furent très instructifs et enrichissants à vos côtés. J'y ai notamment beaucoup appris sur le plan humain et relationnel avec les patients et ai découvert en vous une personne compréhensive et à l'écoute de ses patients et de leurs difficultés.

J'espère que je saurai me montrer digne de votre enseignement en réussissant à mettre en application, tout au long de ma carrière professionnelle, tous les préceptes que vous avez pu me transmettre.

Je vous sais gré pour tout le soutien apporté dans le cadre de ce travail et a fortiori durant toute ma vie universitaire, et vous prie de trouver ici l'expression de mon plus profond respect et de ma plus sincère reconnaissance.

**A notre jury de thèse
Madame le Docteur Anne GIRAUDEAU,**

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites à bien vouloir siéger dans mon jury.

Vous êtes tout simplement incroyable. Je ne sais tout bonnement pas comment vous réussissez lors des vacations cliniques pour vous dédoubler entre vos patients et l'encadrement des étudiants au fauteuil, mais vous y arrivez avec brio. En ce sens, je vous remercie d'avoir toujours su vous rendre disponible, d'avoir pris le temps de m'expliquer et de m'avoir accompagné pas à pas dans mon apprentissage et la gestion de mes patients durant toutes ses années.

Vous pouvez compter sur moi pour ne pas oublier tout ce que vous m'avez enseigné durant ces vacations d'occlusodontie. Et sachez que j'ai toujours pris plaisir à passer la porte du bureau d'occluso ou une ambiance chaleureuse et confraternelle s'y dégage et ce, en partie grâce à vous.

J'essayerai également de ne pas oublier l'emplacement de la réserve secrète, mais pas si secrète des tablettes de chocolat, réel empire de la dégustation pour des amateurs tels que moi, au cas où un jour je tombe en carence de magnésium.

Je vous prie de trouver ici l'expression de ma plus profonde estime et sympathie.

**A notre jury de thèse
Madame le Docteur Ariane CAMOIN,**

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites à bien vouloir siéger dans mon jury.

En ce qui me concerne, je pense que vous faites partie de ces personnes qui font preuve d'énormément d'humanité envers leurs patients. Vous êtes à l'écoute, faites preuve de beaucoup de compassion et tout cela dans une volonté d'aider autrui.

Inconsciemment je pense que vous m'avez énormément inspiré et que par mimétisme j'ai voulu reproduire ce schéma avec mes propres patients. Toujours faire de mon mieux pour les aider, les accompagner et leur rendre, à mon échelle, la vie plus facile en leur redonnant le sourire.

C'est d'ailleurs pour que vous puissiez transmettre à un plus grand nombre toute cette sensibilité que doit avoir un professionnel de santé, que j'ai voulu vous convier comme conférencière à un congrès l'année dernière. Mais malheureusement, au vu des circonstances sanitaires il fut annulé.

Je vous prie de trouver ici l'expression de ma plus profonde estime et vous remercie de tout le soutien et accompagnement dont vous avez fait preuve à mon égard durant toute ma vie universitaire.

**A notre directrice de thèse
Madame le Docteur Estelle CASAZZA,**

Je vous remercie profondément de l'honneur que vous me faites en acceptant de diriger cette thèse qui vient ainsi clôturer mes années d'études.

Je vous serai éternellement reconnaissante pour votre gentillesse, votre disponibilité, votre humanité et votre bienveillance à mon égard durant toutes ces années. Tout au long de ma formation clinique, vous avez su m'enseigner, me conseiller et me réconforter lorsque j'ai pu rencontrer des difficultés.

J'ai pris plaisir à collaborer et échanger avec vous sur différents projets tels que nos conférences Procluso, des situations cliniques, une interview (même !) et bien entendu sur la rédaction de cette thèse. Et alors que je pensais que l'histoire allait s'arrêter là, nous voici de nouveau embarquées à travailler ensemble sur l'organisation d'un congrès. Qui l'eut cru !

Notre binôme est assurément une histoire sans fin, rythmée par des réflexions plus machiavéliques les unes que les autres, des fous rires inoubliables et des deadlines qui nous entraînent allégoriquement sur une île en flammes. C'est terrible.

Enfin, je tenais absolument à souligner votre rigueur, votre modestie, votre didactique, votre perpétuelle remise en question, votre patience et votre naturelle capacité à être à l'écoute d'autrui et plus particulièrement des étudiants qui sont autant de qualités que j'ai eu plaisir à connaître, et qui font de vous la définition même de l'enseignante idéale. En ce sens, ne changez pas.

J'espère de tout cœur que nos consœurs et confrères sauront reconnaître, tout comme moi, toutes ces valeurs chez vous et vous accompagneront ainsi dans votre projet professionnel.

A travers ces quelques mots et ce travail, je vous prie d'y trouver l'expression de ma plus profonde estime, gratitude, amitié, et mes remerciements les plus sincères.

**A notre jury de thèse
Madame le Docteur Pauline MADENIAN,**

Je te remercie de l'honneur que tu me fais à siéger dans le jury de ma thèse car je ne pouvais tout simplement pas concevoir de présenter ce travail sur l'andragogie sans toi qui a été mon premier binôme et mon premier mentor dans mes études d'odontologie.

C'est purement par hasard que j'ai eu la chance de te connaître. Un hasard qui se résume à une affectation aléatoire de deux noms côte à côte dans un tableau.

La première chose qui m'a touchée, c'est ta gentillesse et ta bienveillance lorsque, un matin, veille de mon stage de O2, je reçois un petit message de ta part pour te présenter. Tout est partie de là, ... et d'un kinder bueno.

Ton aisance à transmettre tes connaissances, ta joie de vivre, ton instinct maternel et protecteur sont autant de qualités qui font de toi une personne exceptionnelle. Nous pouvons presque littéralement dire que tu mets des paillettes dans la vie de chaque personne que tu croises. En tout cas, ce le fut pour moi. C'est avec toi que j'ai fait mes premières radios, ma première avulsion, mon premier parage canalaire, ... mes premiers pas pour soigner des personnes.

Au-delà de tout ça, tu as su devenir une véritable amie, une grande sœur, avec qui je garde en mémoire d'agréables souvenirs. Et je sais que peu importe les circonstances, tu seras toujours là pour moi. Et je serai également toujours là pour toi.

Je te prie de trouver ici l'expression de ma plus profonde admiration et de mon amitié la plus sincère.

**Au Dr Hala AL-AZAWI,
Au Dr Benoit BALLESTER,
Au Dr Isabelle BLANCHET,
Au Pr Jacques DEJOU,
Au Pr Jean-Daniel ORTHLIEB,
Au Pr Michel RUQUET,**

*Je tiens également à vous remercier pour votre investissement dans ma formation, votre disponibilité sans faille, et votre enseignement durant tout mon parcours hospitalo-universitaire.
A travers ces quelques mots, je vous prie de bien vouloir trouver ici l'expression de ma plus profonde reconnaissance.*

A Mme Nathalie DECQUE,

Je souhaiterai vous remercier pour votre aide à la rédaction de cette bibliographie. Sans vous tout aurait été bien plus difficile. Alors merci beaucoup.

**A M Franck BERRY,
A Mme Nathalie MONINO,
A Mme Emilie PAPILLAULT,**

J'ai aussi une pensée pour vous qui avez contribué à mon épanouissement au sein de mes études universitaires en ayant toujours été à mon écoute. Plusieurs fois vous m'avez sauvé la mise et m'avez beaucoup aidé. Alors, merci pour tout.

Table des matières

Table des matières

Table des matières	13
Introduction	1
I. La simulation en santé, une manière innovante d'enseigner	2
A. Etat des lieux de la simulation en santé : Amérique du Nord et Europe.....	2
B. Etat des lieux sur les différentes techniques de simulation en santé	3
1. Le patient standardisé ou patient simulé	4
2. La simulation procédurale	5
3. La simulation hybride	6
4. Réalité virtuelle et/ou réalité augmentée	6
5. Environnement 3D et serious game	7
C. Construire sa séance de simulation.....	8
1. Briefing	9
2. Le passage sur le simulateur	10
3. La séance de débriefing.....	11
4. Evaluation du programme de simulation et de la séance	12
II. Le serious game	13
A. Qu'est-ce qu'un serious game ?.....	13
B. Les différents types de serious game	15
1. Petit historique des différentes taxonomies relatives au serious game en fonction de leurs secteurs et/ou finalités.....	15
2. Classification des jeux vidéo en fonction de sa dimension ludique.....	16
3. Classification des serious games : modèle G/P/M et sa variante G/P/F/P pour la santé.....	16
C. Un engagement réellement augmenté ?.....	18
D. Apprendre dans un environnement sécurisé	20
E. Intérêts et limites de la simulation par le serious game.....	21
III. Traumatologie sur les dents permanentes immatures	22
A. Prévalence des traumatismes alvéolo-dentaires et facteurs de risque	22
B. Prise en charge en urgence de la fracture amélo-dentinaire avec et sans exposition pulpaire sur l'incisive permanente immature.....	23
1. Consultation du patient traumatisé et pose du diagnostic	23

2.	Traitements à court terme	28
→	Réalisation de l'acte technique	28
→	L'acte de prescription dentaire et recommandations à délivrer au patient	29
→	La rédaction du Certificat Médical Initial.....	30
→	Organiser le suivi post-urgence	33
C.	Suivi à long terme et complications possibles à la suite de fracture amélo-dentinaire avec et sans exposition pulpaire sur l'incisive permanente immature	33
1.	Les complications restauratrices et esthétiques	34
→	La perte et esthétique de la restauration.....	34
→	Les dyschromies.....	35
2.	Les complications pulpaires.....	36
→	La nécrose pulpaire et les infections	36
→	L'oblitération canalaire	36
3.	Les complications parodontales.....	37
→	Les résorptions	37
❖	Les résorptions internes.....	37
❖	Les résorptions externes.....	37
→	Les dégradations de la gencive et de l'os marginal	38
IV.	Cahier des charges du serious game " Dental Trauma Game", dans le cadre de la gestion de traumatisme sur les dents permanentes immatures.....	40
A.	La population cible	40
B.	Les objectifs à atteindre	40
C.	Les composantes du serious game : Dental Trauma Game	42
1.	Principe du jeu et dramaturgie	42
2.	Le fond	43
3.	La forme	44
4.	La mécanique du jeu	49
→	Contrôle du jeu	49
→	Règles du jeu.....	49
→	Interaction avec les éléments contextuels.....	50
→	La jauge de "relation"	50
→	Les badges de récompense.....	50
→	La monnaie du jeu : les dentos	51
D.	L'évaluation	51
1.	Evaluation du serious game.....	51
2.	Evaluation de la progression des apprenants	51

Conclusion	54
Annexe 1 : Enquête, évaluation du serious game par les apprenants.....	I
Annexe 2 : Liste des figures	V
Annexe 3 : Liste des tableaux.....	VI
Annexe 4 : Liste des abréviations	VII
Références.....	A

Introduction

A l'heure où les outils numériques ont littéralement envahi notre quotidien, il est légitime de se demander si certaines technologies ne pourraient pas servir dans l'apprentissage et la formation des chirurgiens-dentistes de demain. Les étudiants d'aujourd'hui, appartenant à la génération Z, née après les années 1995, n'ont jamais connu de monde sans réseau, sans Internet, sans le numérique omniprésent dans leur vie. Pour eux, il s'agit véritablement d'outils du quotidien.

Depuis maintenant plusieurs années, la simulation prend de plus en plus de place comme outil de formation, et elle y trouve tout son intérêt dans le domaine de la santé, dans lequel la moindre erreur en pratique réelle peut être lourde de conséquence.

Il existe différentes techniques de simulation utilisées dans la santé, mais pour ce travail l'accent a été mis sur l'intérêt que pourrait présenter les serious games, qui sont une forme d'outil de simulation virtuelle, qui utilise des technologies issues des jeux vidéo et dont l'objectif principal est d'ordre pédagogique.

Tout l'intérêt de ces serious games, réels ou virtuels, est qu'ils arrivent à fusionner l'aspect ludique des jeux vidéo, basé sur différentes mécaniques comme le système de motivation et de récompense, et l'aspect éducatif visant à acquérir des connaissances et des compétences.

La thématique qui a été abordée à travers ce serious game est la traumatologie sur les dents permanentes immatures. En effet, les situations de traumatismes alvéolo-dentaires peuvent parfois s'avérer complexes à prendre en charge pour le chirurgien-dentiste qui doit réussir à gérer à la fois la douleur, la compliance du patient, l'anxiété de l'enfant et des parents, le diagnostic et l'acte de soin lui-même. De plus, pour les dents permanentes immatures, la solution qui sera proposée en urgence conditionnera également le pronostic de la dent sur le long terme, car il s'agit d'un moment charnière dans le processus de croissance de la dent.

Ainsi, tout l'intérêt de ce travail est de montrer que de nouveaux outils sont accessibles aux équipes pédagogiques pour enseigner, comme la simulation virtuelle à travers les serious games.

Dans un premier temps, un état des lieux sur la simulation en Europe et en Amérique du Nord, ainsi qu'un focus sur les différentes techniques de simulations existantes sera présenté. Cette première partie se clôturera ensuite par la présentation du canevas sur lequel est construite une séance de simulation.

Dans un second temps, une attention particulière sera portée sur les serious games afin de définir les avantages et inconvénients d'un tel outil de simulation.

Suite à cela, nous effectuerons des rappels concernant le domaine de la traumatologie en odontologie, en particulier pour les dents permanentes immatures, qui peut parfois être complexe à appréhender pour les étudiants et les chirurgiens-dentistes.

En ce sens et pour conclure, la dernière partie vise à proposer un cahier des charges de serious game dont l'intérêt pédagogique est l'apprentissage de la gestion des traumatismes sur les dents permanentes immatures.

I. La simulation en santé, une manière innovante d'enseigner

A. Etat des lieux de la simulation en santé : Amérique du Nord et Europe

En 2012, la Haute Autorité de Santé (HAS) a publié un rapport de mission concernant “l'état de l'art en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé”. Celui-ci définit la simulation en santé comme étant “l'utilisation d'un matériel, de la réalité virtuelle ou d'un patient dit “standardisé” pour reproduire des situations ou des environnements de soins, pour enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et permettre de répéter des processus, des situations cliniques ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels” (1).

Principalement pensée pour être utilisée dans l'apprentissage durant la formation initiale et continue, la simulation se montre également intéressante dans l'évaluation des comportements professionnels et dans la validation de leurs compétences (2).

En Amérique du Nord, la simulation a trouvé sa place plus précocement qu'en France, et est utilisée de manière quotidienne dans l'enseignement des professions médicales et paramédicales depuis maintenant plusieurs décennies. La formation par la simulation est même devenue un argument d'attractivité et d'excellence des établissements de santé. Ainsi, si le financement de ces centres a été principalement d'ordre public à ses débuts, très vite ce sont des fonds privés qui ont été utilisés pour créer des centres privés (Etats-Unis) ou pour créer des partenariats privé-public (Canada) (3).

En 2011, l'Association of American Medical College (AAMC) publie les résultats d'une enquête sur la place de la simulation dans les écoles médicales et les hôpitaux formateurs (4). Ces résultats montrent que la simulation est largement utilisée dans les institutions membres de l'AAMC ; il existe cependant de “grandes variations dans les budgets, l'utilisation de l'espace, l'utilisation et la dotation en personnel parmi les centres de simulation qui ont répondu à cette enquête” (4).

En Europe, la simulation est un outil pédagogique bien implanté, même si son développement est plus récent qu'en Amérique du Nord. Les financements pour des projets de simulation sont principalement fournis par des fonds privés et par la communauté européenne. La simulation joue donc un rôle dans la formation professionnelle continue et permet un travail en interprofessionnalité et en interdisciplinarité (1).

En France, la simulation en santé est une activité émergente. La HAS, en réalisant une étude basée sur deux enquêtes, a eu un rôle important dans la promotion de la simulation en France. Dans sa première enquête, il s'agissait en effet d'identifier les champs couverts et ceux restant à développer dans la simulation. Sa seconde enquête, en revanche, visait à quantifier le nombre de structures formalisées de formation par la simulation et d'évaluer leur répartition géographique (1).

Les résultats de l'enquête montrent une répartition géographique homogène sur le territoire français des centres de simulation, mais la densité de ces équipements reste faible. De plus, la majorité des activités cliniques de simulation sont en rapport avec des situations dites “à risque”, telles que la médecine d'urgence, l'obstétrique, l'anesthésie-réanimation et la néonatalogie. Mais d'autres champs non-cliniques, tels que la gestion des ressources humaines, sont également pratiqués en simulation (1).

Globalement, les locaux disponibles sont de superficie modeste, les centres sont peu équipés en matériel de réalité virtuelle, surtout dans le secteur public, et les ressources humaines allouées sont faibles, notamment concernant le personnel dit “de support” (techniciens, hôtes et secrétaires). Ceci peut s’expliquer, entre autres, par de très grandes difficultés à obtenir des financements, avec des délais d’obtention pouvant aller jusqu’à trois ans. En outre, le coût du matériel est un poste de dépense qui peut s’avérer très élevé (exemple : un mannequin haute-fidélité adulte coûtait en moyenne 40 000€ en 2012) (1).

Par ailleurs, tout comme les ressources humaines, certains aspects concernant l’organisation et la gestion des structures de simulation sont mal définies, avec une disparité en matière d’organisation et de modalité de formations dispensées.

Toutefois, la situation décrite par la HAS en janvier 2012 a connu une certaine évolution. En effet, en 2014, le gouvernement français a défini dans la stratégie nationale de santé (SNS) de faire de la formation un levier d’action “pour améliorer le travail en équipe, l’association plus étroite avec les patients, l’accompagnement et la transformation des organisations de soins”. L’objectif de développer la simulation dans le cadre du programme national pour la sécurité des patients (PNSP) figure dans la feuille de route de la SNS de la manière suivante “faire de la simulation en santé sous ses différentes formes une méthode prioritaire, en formation initiale et continue, pour faire progresser la sécurité” (5).

A l’heure actuelle, l’association “Société Francophone de Simulation en Santé” (SoFraSimS) recense sur son site internet au 1er octobre 2020 près de 56 centres de simulation répartis sur l’ensemble du territoire français (6).

De nombreux centres de simulation médicale continuent de se développer sur l’ensemble du territoire, et des facultés investissent dans de nouveaux outils de simulation.

C’est par exemple le cas de la Faculté de chirurgie-dentaire de l’université de Strasbourg qui, depuis 2018, s’est équipée d’une unité de simulation clinique et radiologique composée de quatre fauteuils dentaires complètement équipés et d’un mannequin haute-fidélité. Le financement de ce projet a été réalisé par l’Université de Strasbourg et le mécénat de trois industriels (7).

Il est également nécessaire de faire d’ores et déjà la distinction entre un programme de formation par la simulation et un centre de simulation. En effet, le premier est utilisé comme un outil d’éducation qui aura été intégré dans des programmes pédagogiques avec des objectifs préalablement définis (8). En revanche, les centres de simulation correspondent à une structure, un lieu physique où est enseignée la simulation. Ils regroupent un ensemble de ressources humaines, scientifiques et éducationnelles d’une part, et immobilières, techniques et logistiques d’autre part (9). Le principe de ces centres de simulation est de constituer un lieu d’enseignement et de formation pour les étudiants et chirurgiens-dentistes.

B. Etat des lieux sur les différentes techniques de simulation en santé

A l’aube du développement à grande échelle de la simulation dans le secteur de la santé, le Pr Gilles Chiniara propose en 2007 une classification afin de regrouper les différentes techniques utilisables (10). Cette classification est toujours d’actualité. Elle a été inspirée par celle du Dr Amitai Ziv, en 2006 (11), et complétée par plusieurs auteurs en 2013 (12).

On distingue d’une part la simulation “organique” qui comprend des techniques sur l’animal ou l’Homme (cadavre ou être vivant), et d’autre part une simulation “non organique” divisée en “simulation synthétique” et “simulation électronique”.

Dans la figure 1, les simulations encadrées en rouge correspondent aux méthodes de simulation utilisant un environnement réaliste. Dans ce cas, Gilles Chiniara propose la dénomination “d’immersion” ou “d’immersion clinique”.

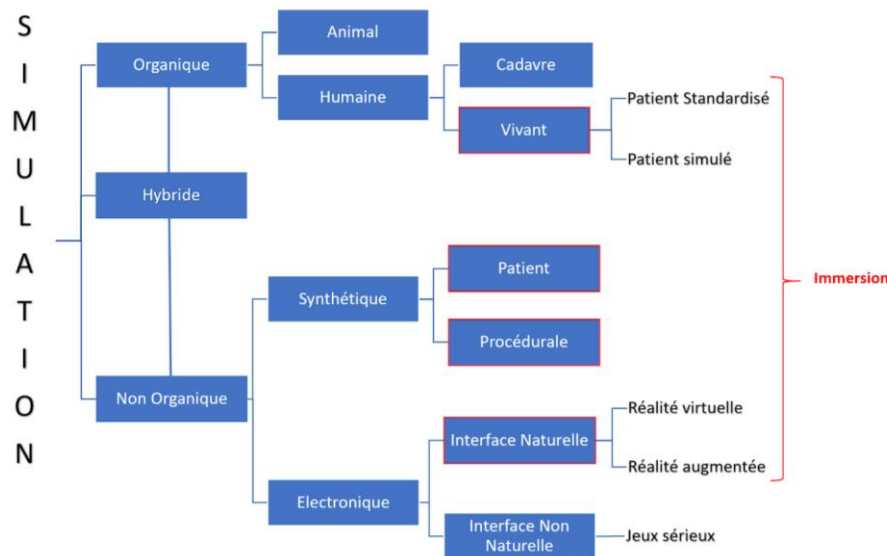


Figure 1 : Les différentes techniques de simulation en santé, d’après (10)

Chaque technique de simulation doit être pertinente et systématiquement adaptée aux objectifs pédagogiques et aux approches choisies.

Nous allons décrire brièvement les différentes techniques de simulation les plus couramment utilisées dans le domaine de la santé.

1. Le patient standardisé ou patient simulé

Il s’agit généralement de consultations simulées qui font appel à des patients simulés ou standardisés.

Le patient simulé est une personne (malade ou non) qui va contribuer à la formation de professionnels de santé en participant à des jeux de rôles fictifs plus ou moins déterminés et en improvisant un dialogue. La simulation s’appuie sur les antécédents médicaux, le vécu personnel et professionnel de chacun (13).

Le patient standardisé est quant à lui une personne volontaire ou un acteur qui a été formé pour simuler une histoire et des réponses prédéfinies à un stimulus fourni par le candidat participant à la simulation. Il va reproduire les signes cliniques, la personnalité, le langage corporel et les émotions du patient en s’appuyant sur un scénario prédéfini qui permet une reproductibilité des simulations (14).

Ces méthodes servent à développer des compétences pour transmettre du savoir-faire (récolte d’information, examen physique, raisonnement médical, etc.) et également du savoir-être en matière de communication et de relationnel avec le patient, notamment lorsque les enjeux sont

forts (annonce de mauvaise nouvelle) ou lorsqu'il faut donner une information complexe (plan de traitement) (15).



Figure 2 : Le patient simulé/standardisé (16)

2. La simulation procédurale

Les simulateurs procéduraux permettent d'apprendre par la répétition un geste dans une procédure. Ils sont ainsi sans risque pour le patient (1).

Certaines simulations procédurales utilisent des appareils qualifiés de *basse fidélité* (low-tech) et vont permettre de réaliser des actes restreints (qualifiés de "part task trainer") comme des sutures (17), ou encore des interventions mineures comme des fibroscopies (18). Ils reproduisent ainsi tout ou partie du corps humain.



Figure 3 : Simulation procédurale dans le cadre d'une fibroscopie (18)

D'autres simulateurs en revanche seront qualifiés d'haute-fidélité (high-tech) et vont permettre de réaliser des actes plus complexes ("complex task trainer"). Ils associent généralement un programme informatique qui permet une manipulation à distance par l'ordinateur. Ainsi le

formateur peut faire varier les constantes vitales ou l'état clinique du mannequin en fonction du scénario préétabli et des stimuli lors de l'intervention (19).



Figure 4 : Simulation procédurale haute-fidélité à la faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg (7)

La simulation procédurale, qu'elle soit de *haute* ou *basse fidélité*, permet l'acquisition et l'amélioration de compétences techniques procédurales en assimilant des séquences bien spécifiques d'actions nécessaires à l'exécution correcte d'une technique spécifique (12).

3. La simulation hybride

La simulation hybride va associer plusieurs techniques de simulation. Il va s'agir par exemple d'un couplage de patient standardisé/simulé avec un mannequin parcellaire comme c'est le cas des séances simulant un accouchement (20).



Figure 5 : Exemple de simulation hybride avec un faux ventre pour simuler une grossesse (21)

4. Réalité virtuelle et/ou réalité augmentée

La réalité virtuelle correspond à l'utilisation de technologies et de techniques générées par un ordinateur qui vont permettre à l'utilisateur d'être plongé dans un environnement artificiel (créé numériquement). Cet environnement donnera la possibilité à l'utilisateur d'interagir en temps réel de manière intuitive et naturelle avec ce monde virtuel isolé du monde réel.

L'objectif est donc de permettre à l'utilisateur de participer à une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel, décrit comme "imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel" (22).

La figure 6 illustre très bien la différence entre la réalité virtuelle et la réalité augmentée. Celle-ci prend sa source dans le monde réel, auquel on va adjoindre du contenu numérique. L'environnement va être amélioré par un processus de superposition de contenu virtuel généré par l'ordinateur sur la structure réelle (23). Elle s'applique aussi bien à la perception visuelle (superposition d'images virtuelles aux images réelles) qu'aux perceptions proprioceptives, telles que les perceptions tactiles ou auditives (13). De manière communément admise, Ron Azuma dit que la réalité augmentée est une technologie qui nécessite trois clefs (24) :

1. La combinaison entre le monde réel et virtuel
2. L'interaction en temps réel
3. L'évolution dans un univers 3D

Dans un récent article de Ron Azuma en 2016, celui-ci décrit les défis auxquels doit faire face la réalité augmentée. Même si depuis les années 1997, le coût des dispositifs de réalité augmentée a considérablement diminué et a permis une importation de cette technologie dans la vie de tous les jours, l'argent n'est pas le seul facteur limitant à ce développement. En effet, des compétences techniques et technologiques sont nécessaires pour permettre la superposition d'interface virtuelle à l'environnement réel (25).

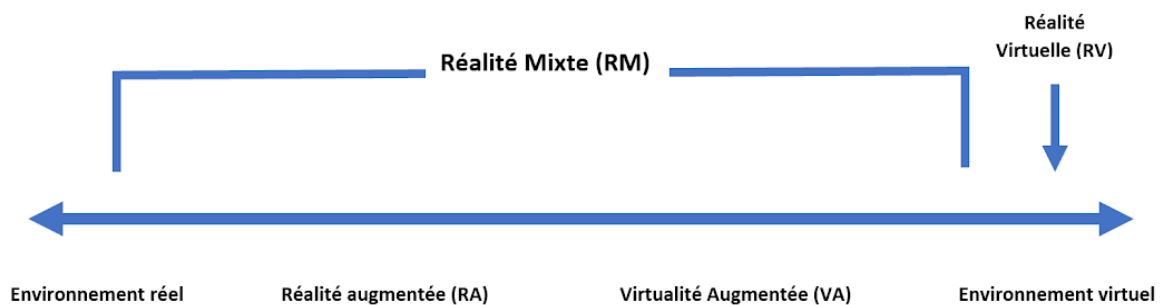


Figure 6 : Illustration simplifiée basée sur le continuum Réalité-Virtualité d'après (26)

Ces types de simulation permettent ainsi d'appréhender des situations complexes en respectant toujours le principe "*primum non nocere*" sur le patient.

5. Environnement 3D et serious game

Dans les simulations électroniques à interface non-naturelle, il est retrouvé des logiciels de simulation basés sur des interfaces écrans. Grâce à leur réalisme, ils se rapprochent des environnements de jeux vidéo les plus performants. Il n'existe en théorie pas de limitation dans la diversité des situations qu'il est possible de créer, l'immersion du joueur est totale, mais les coûts de développement sont généralement très onéreux (13,27).

Les serious games divergent de la notion de jeux vidéo par leurs intentions sérieuses, ludiques, pédagogiques, et dépassent ainsi la seule dimension du divertissement (28).



Figure 7 : Exemple de serious game avec Dental life (29)

C. Construire sa séance de simulation

Une séance de simulation se définit comme une entité comprenant :

- Le briefing ;
- Le passage sur le simulateur (la pratique simulée) ;
- Le débriefing.

Elle peut se clôturer également par une conclusion de séance avec délivrance d'un document d'aide à la progression et à l'évaluation (1,30).

Ainsi que le montre la figure 8, il peut y avoir une ou plusieurs séances de simulation dans une session de simulation. Une séance de simulation inclut le briefing, la répétition de l'unité de simulation (pré-briefing + pratique simulée + débriefing) et la conclusion de la séance de simulation.

Enfin, un programme de simulation comprend une ou plusieurs sessions de simulation (30).

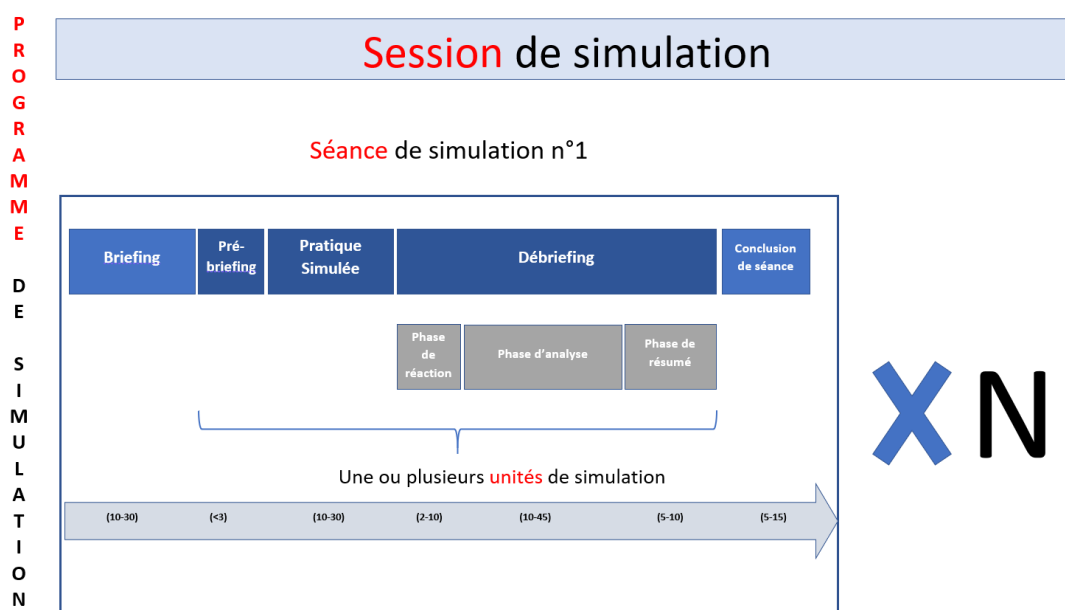


Figure 8 : Schéma résumant les notions de programme, session, séance et unité de simulation (modifié et adapté de (30))

L'objectif de ces séances de simulation en santé est de s'appuyer sur la construction de scénarios qui visent à reproduire des situations cliniques et/ou professionnelles qui sont fréquentes ou exceptionnelles, simples ou complexes, en vue de permettre à l'apprenant de développer et acquérir des compétences tout en ayant un retour d'expérience immédiat et une confirmation sur la validation des acquis (figure 9) (13).

Les scénarios de simulation sont rédigés afin d'atteindre un ou plusieurs objectifs pédagogiques (13). Dans un programme de simulation, il n'est pas nécessaire de complexifier les scénarios outre mesure. Néanmoins, il convient, quel que soit l'objectif à atteindre, d'augmenter de manière croissante la difficulté (1).

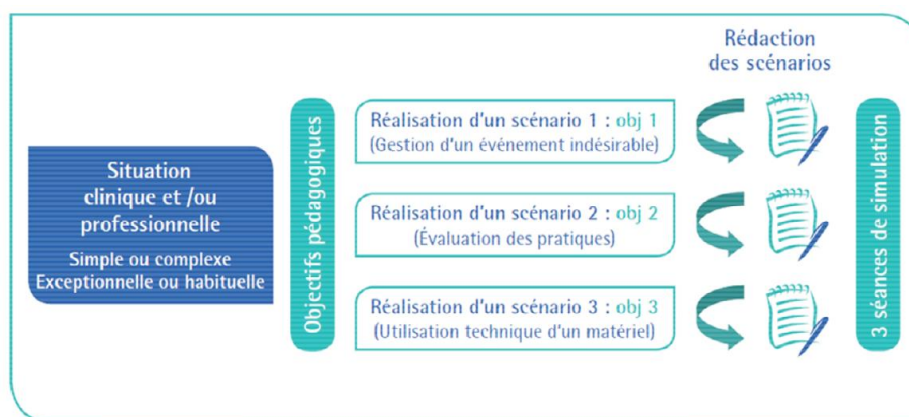


Figure 9 : Exemple de choix de simulation (13)

1. Briefing

Le briefing, souvent considéré à tort comme moins important que le débriefing, reste une étape fondamentale qui permet au formateur de préciser le cadre de la séance et ses objectifs, afin de créer un climat d'apprentissage favorable en amont de la pratique simulée (13,30). Il est important de faire une distinction entre le briefing à proprement parler et le pré-brief.

Durant le briefing, les objectifs pédagogiques seront expliqués aux participants de la séance de simulation. Ils seront présentés de façon générale pour avoir plus de spontanéité et moins de biais dans les réactions des apprenants (30), ou au contraire ils seront très détaillés. C'est le cas pour l'aviation navale, afin d'anticiper tous les aspects de la mission, ou dans le domaine médical, lors par exemple de l'anticipation d'un accouchement présumé difficile, afin de s'assurer des compétences théoriques des professionnels de santé dans le cas où une réanimation néonatale devrait avoir lieu (31).

Une présentation du déroulement de la séance (pratique simulée, débriefing, ...) avec la durée et les objectifs de chaque étape, la présentation du matériel utilisé lors de la séance, l'environnement de simulation choisi ainsi que l'explication du rôle du formateur seront explicités lors du briefing.

De manière tacite, un contrat imaginaire liant l'apprenant et le formateur est établi. En effet, le formateur s'engage à faire son maximum pour reproduire le réalisme au cours de la séance de simulation, alors que les participants s'engagent à s'impliquer pleinement dans l'environnement simulé, et ainsi prendre la simulation au sérieux (30).

Il est important de rappeler lors du briefing qu'aucun jugement ne sera porté envers l'apprenant et qu'il s'agit d'un exercice afin de pouvoir apprendre dans un environnement contrôlé, et

surtout sans risque pour le patient (13). Le respect de la confidentialité est également indispensable, notamment lorsque les séances de simulation sont filmées afin d'en débattre au cours du débriefing (30).

Le pré-brief, non obligatoire à l'inverse du briefing, précède immédiatement la pratique simulée et dépend des objectifs de la séance. Le but est de mettre les participants dans le contexte par rapport à la tâche qu'ils devront effectuer (30). Ainsi, au cours d'une étude prospective randomisée réalisée en 2015-2016 par Evain *et al.*, avec comme participants des stagiaires de la première à la cinquième année en anesthésie et en soins intensifs de l'Université de Lyon et de Grenoble, il a été démontré qu'une discussion de planification d'une durée de 4 minutes en amont de simulation mettant en avant des situations critiques améliorent les performances de l'équipe (32).

2. Le passage sur le simulateur

Après le briefing, la séance de simulation à proprement parler, aussi appelée pratique simulée, peut se dérouler, et ce généralement sans interruption jusqu'au débriefing post-simulation. L'apprenant ou l'équipe réalise sa séance de simulation sous le regard du formateur, qui veille à la bonne dynamique et à l'avancement dans le scénario (13,30).

Il est rare que le formateur intervienne lors de la simulation, si ce n'est pour orienter l'apprenant lorsqu'il se retrouve en difficulté dans une situation complexe ou pour éviter d'évoluer vers une situation d'échec (13).

Tel que le montre la figure 10, la formation par la simulation est la norme pour l'acquisition de compétences :

- cognitives, appelées *savoir*, qui correspondent à un assortiment des connaissances théoriques et pratiques,
- techniques, appelées *savoir-faire*, qui correspondent à la mise en œuvre d'un savoir et d'une habilité pour une réalisation spécifique,
- comportementales, appelées *savoir-être*, qui est une dénomination qui renvoie à un ensemble de comportements et d'attitudes dans une situation donnée (33).

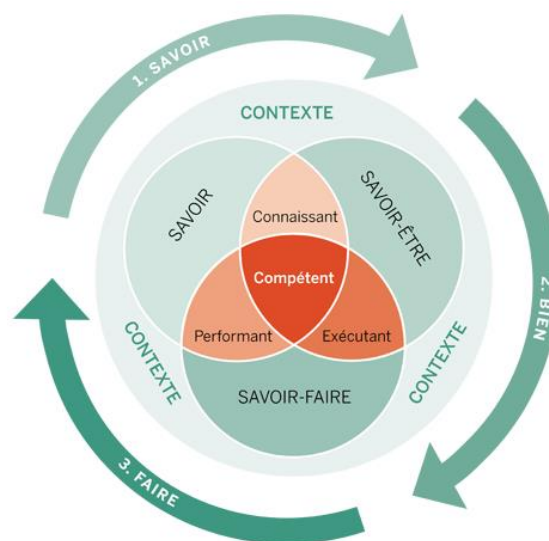


Figure 10 : La représentation des composantes et l'assemblage d'une compétence professionnelle pouvant être acquise et évaluée au cours d'un programme de simulation (34)

3. La séance de débriefing

Le débriefing en simulation est une étape indispensable dans le processus d'apprentissage, afin d'insister sur l'ensemble des enseignements acquis au cours de cette simulation, et ce faisant, la rendre encore plus efficace (35).

Il est important de faire d'ores et déjà un distinguo entre la notion de débriefing et de feedback (figure 11). Le debriefing est une discussion bidirectionnelle entre le débriefeur et l'apprenant, contrairement au feedback, qui lui correspond à une approche unidirectionnelle de transfert d'information vers l'apprenant, et n'engage pas de discussion interactive (31,36).



Figure 11 : Notion d'échange bi et unidirectionnel : débriefing et feedback

Il existe une très grande variété de modèles et de structures de débriefing. En 2011, un groupe d'experts réalise une revue de la littérature et a permis d'identifier cinq catégories d'éléments dans le processus du débriefing s'articulant autour de la méthode des "5Ws" pour *Who did what, when, where and why* ? (tableau 1) (37).

"Who ?" - Qui ? - Qui effectue le débriefing ? Qui sont les participants ?
"What ?" - Quoi et Comment ? - Quels sont le contenu et la méthode utilisés pour le débriefing ?
"When ?" - Quand ? Quand le débriefing est-il réalisé et quelle est sa durée ?
"Where ?" - Où ? - Dans quel environnement le débriefing est-il réalisé ?
"Why ?" - Pourquoi ? - Quels concepts théoriques soutiennent le débriefing proposé ?

Tableau 1 : Les cinq questions fondamentales caractérisant le débriefing, d'après Raemer et al. (30,37)

Un des modèles structurés et communément admis de débriefing se compose d'au moins trois phases principales :

- La phase de réaction ;
- La phase d'analyse ;
- La phase de résumé.

La phase de réaction se compose d'un temps informel et formel. La phase de réaction informelle a lieu dès la fin de la simulation et se termine dès le début du débriefing. Elle permet aux apprenants d'extérioriser le stress ressenti lors de la simulation et d'exprimer spontanément leurs émotions. La phase de réaction formelle permet au débriefeur de recueillir le ressenti des apprenants tant sur leur frustration ressentie concernant ses propres performances que sur d'éventuels conflits relationnels survenus lors de l'exercice de simulation (1,30).

La phase d'analyse, réelle pierre angulaire du débriefing, est le moment-clé durant lequel le débriefeur joue le rôle de modérateur et facilitateur dans la réflexion des apprenants. Il peut s'appuyer sur différentes techniques, comme la technique dite "de sandwich", qui consiste à alterner feedback négatif et feedback positif afin de "garantir un équilibre dans la perception du jugement de l'apprenant" (30). C'est lors de ce moment que les forces et faiblesses des participants sont identifiées.

La phase de résumé est une phase de conclusion qui vient clore le débriefing. Elle permet de renforcer les apprentissages en faisant un résumé des acquis de l'exercice de simulation. C'est le moment aussi d'identifier les futurs objectifs d'apprentissage (1,30).

4. Evaluation du programme de simulation et de la séance

La simulation n'est pas une fin, elle ne constitue qu'un moyen pédagogique. Ainsi, chaque séance de simulation est portée par des objectifs pédagogiques, qu'il convient de définir en amont de toute séance de simulation. Afin de pouvoir évaluer la progression et l'évolution des acquis des apprenants, il pourra être donné à la fin du débriefing à l'apprenant un document "présentant les axes de progrès, l'orientation des formations à venir, l'évaluation de ce qui a été acquis, éventuellement des mesures d'impact sur la pratique suite à la formation" (1). L'utilisation de vidéo d'enregistrement d'une séance de simulation et son visionnement permet l'analyse des actions qui se sont déroulées au cours de l'exercice de simulation, pour éviter de ne se reposer que sur les souvenirs (30).

Par ailleurs, l'évaluation du programme de simulation est nécessaire. Il est essentiel de reconnaître les forces et faiblesses mises en place afin d'en dégager des points d'amélioration (13). Donald Kirkpatrick (38,39) est le premier à définir les trois intérêts concernant l'évaluation des programmes de formation :

- Pouvoir justifier l'existence de centre de simulation et soutenir leur développement ;
- Connaître le choix des programmes de simulation à poursuivre ou ceux à arrêter en fonction de leur efficacité ;
- Permettre la construction et l'amélioration d'autres programmes de formation en simulation.

La simulation en santé est donc une activité florissante basée sur des programmes de simulation avec des objectifs pédagogiques prédéfinis en vue de permettre l'acquisition de compétences à l'apprenant. Après ce rapide état des lieux sur la simulation en santé, il sera exploré plus spécifiquement l'univers des serious games, et notamment l'intérêt qu'ils peuvent présenter en tant qu'outil d'apprentissage.

II. Le serious game

A. Qu'est-ce qu'un serious game ?

“Learning is at its best when it is deadly serious and very playful at the same time”
Sara Lawrence Lighthfoot, sociologue américaine

En français jeu sérieux. *Serious game* : *serious*, “sérieux” et *game*, “jeu”.

Depuis plusieurs années, différents organismes et auteurs proposent des définitions pour qualifier les serious games. Mais à ce jour, aucune définition universelle n'a été encore approuvée par la communauté scientifique.

Dans son mémoire soutenu en 2013, Martin Lacombe indique que “la définition de jeux sérieux est loin d'être évidente, elle semble soumise à de nombreux débats chez les chercheurs, notamment au niveau du contenu et des mécaniques de jeu” (40).

En effet, chaque acteur possède une vision propre du serious game selon son secteur d'origine (enseignants, éditeurs de jeux vidéo, agences de communication, etc.) complexifiant ainsi la création d'une définition universellement acceptée (41,42).

Chen et Michael, concepteurs de jeux vidéo, proposent en 2005, une définition très succincte des serious games. Selon eux, il s'agirait de “tout jeu dont la finalité première est autre que le simple divertissement” (43). Par ailleurs, une caractéristique qui semble particulièrement se dégager des serious games est leur “utilisation pertinente de technologies issues de l'industrie du jeu vidéo à des fins autres que le simple divertissement” (44).

Julien Alvarez, dans sa thèse “Du jeu vidéo au serious game, approche culturelle, pragmatique et formelle” soutenue en 2007 (45), précise la définition de Benjamin Sawyer et définit le serious game de la manière suivante : “Application informatique, dont l'intention initiale est de combiner, avec cohérence, à la fois des aspects sérieux (serious) tels, de manière non exhaustive et non exclusive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (game). Une telle association, qui s'opère par l'implémentation d'un "scénario pédagogique" qui sur le plan informatique correspond à implémenter un habillage (sonore et graphique), une histoire et des règles idoines, a donc pour but de s'écarter du simple divertissement. Cet écart semble indexé sur la prégnance du "scénario pédagogique" dont les objectifs sur le plan formel se confondent avec ceux du jeu vidéo”.

L'ensemble de ces définitions sont porteuses d'une même volonté de mettre en relation une finalité sérieuse avec des savoirs et des technologies issues de l'industrie vidéoludique (41). Il est possible de résumer cette notion de serious game par l'équation suivante :

Serious game = dimension sérieuse + dimension vidéoludique

La dimension sérieuse renvoie à tout type de finalité utilitaire, compétences à acquérir qui constituent l'objectif sérieux du programme. La dimension vidéoludique correspond à un jeu matérialisé sur tout type de support et sous tout type de forme. En 2008, Michaud et Alvarez précisent que les objectifs de la dimension sérieuse et de la dimension vidéoludique doivent converger pour que l'utilisateur du serious game puisse apprécier simultanément l'expérience

vidéoludique et utilitaire. Il faudra donc trouver un équilibre afin qu'il n'y ait pas une dimension qui prenne le dessus sur l'autre, pour garantir l'utilité du serious game (42).

En outre, il est également important de différencier la notion de serious game avec celle de *jeu vidéo*, *application utilitaire* ou encore *serious gaming*.

En effet, il est tout à fait possible de jouer à un jeu vidéo dédié initialement au seul divertissement en adoptant une posture sérieuse. Cependant, on ne pourra pas considérer ce jeu vidéo comme un serious game, car son intention originelle de conception n'allait pas en ce sens. Les jeux vidéo sont conçus d'un point de vue ludique alors qu'à contrario les applications utilitaires sont conçues d'un point de vue strictement sérieux. Il est cependant possible de détourner la fonction première d'un produit pour lui donner une autre application (46). En 2009, Henry Jenkins *et al.* définissent une nouvelle notion à travers le terme de serious game. Ils y incluent toutes les notions sérieuses du jeu indépendamment de l'intention originelle du concepteur (47). Dans la figure 12 ci-dessous, on observe aussi la notion de "mod" pour *modification logiciel* des jeux vidéo. Elle consiste à modifier un jeu existant pour en diffuser une version différente mais qui nécessite le jeu originel pour fonctionner. Ce "mod" peut être soit ludique soit sérieux et se rapprocher ainsi de la notion de serious game (46).

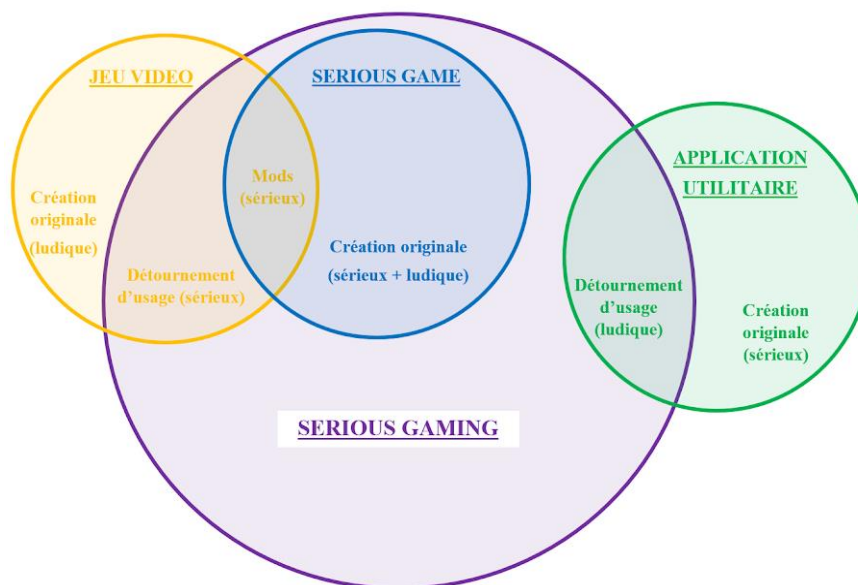


Figure 12 : Relation entre les notions de serious game, jeu vidéo, application utilitaire et serious gaming (46)

Par ailleurs, comme le pensent certains auteurs, les serious games peuvent revêtir diverses formes comme les jeux de rôle, de stratégie, de carte ou encore de plateaux, et ne pas se cantonner qu'à l'univers des applications numériques (48). Néanmoins, les serious games numériques monopolisent pour le moment le devant de la scène.

Toutes les définitions précédentes de serious game mettent en parallèle la notion de jeu et de divertissement avec celle de sérieux et d'enseignement. En 2015, Philippe Cohard, docteur en science de gestion à l'Université de Grenoble, axe sa définition des serious games sur le plan du processus d'apprentissage. Il les définit comme étant un "outil qui permet d'améliorer l'apprentissage et la compétence des personnels dans le domaine sur lequel porte la formation" (49).

Il s'avère que nous disposons ici d'un certain nombre de définitions, permettant de conceptualiser ce qu'est un serious game. Si nous devons faire une synthèse de l'ensemble de ces réflexions sur le sujet, nous pourrions définir un serious game comme étant un vecteur numérique ou non qui allie des technologies issues des jeux vidéo et dont l'objectif premier est l'acquisition de savoir, savoir être et savoir-faire de manière ludique (43–45,48,49).

Dans la suite de ce travail de thèse, nous concentrerons notre attention sur les serious games numériques, et notamment sur l'intérêt qu'ils peuvent avoir en odontologie pédiatrique.

B. Les différents types de serious game

Afin de mieux conceptualiser ce qu'est un serious game, de nombreuses personnes ont tenté d'élaborer un système pour les classifier. Les acteurs s'intéressant aux serious games étant nombreux (42), et en écho aux nombreuses définitions de serious game existantes, il existe plusieurs méthodes pour les classifier. Celles-ci sont largement inspirées de celles des jeux vidéo.

1. Petit historique des différentes taxonomies relatives au serious game en fonction de leurs secteurs et/ou finalités

Les premiers types de classification qui ont vu le jour se basent sur les secteurs d'activité des serious games encore appelée des "marchés".

Ainsi, en 2005, Zyda (50), ainsi que Chen et Michael (43), puis Alvarez et Michaud en 2008, (42) proposent chacun des classifications avec plus ou moins de secteurs d'activités.

Les principales difficultés rencontrées avec ces classifications sont dues à la croissance rapide des différents secteurs usant des serious games, qui rendent ainsi rapidement obsolètes les catégories proposées. De plus, un autre problème de ces classifications est qu'elles ne prennent pas en compte le type de finalité visée par chaque jeu (41).

D'autres systèmes de classification se construisent en prenant en compte la finalité du serious game, c'est-à-dire sur son utilité. C'est le cas de Bergeron (2006) (51), et Alvarez et *al.* (2007) (52).

Tout comme les classifications basées sur le secteur d'activité, ces classifications sont encore trop hétérogènes, ne renseignent pas sur les secteurs d'application des serious games et semblent parfois plus liées au secteur d'activité qu'à la finalité du serious game (41).

Pour pallier ces biais, Sawyer et Smith (2008) en s'appuyant sur les travaux précédents, proposent une taxonomie à double entrée mêlant à la fois la finalité et le secteur d'activité (53). Cette taxonomie a permis de synthétiser les précédentes classifications en un seul système plus complexe. Malgré tout, à l'instar des précédentes classifications, cette taxonomie ne fait toujours pas mention de la dimension "ludique" comprise dans les serious games et ne prend en compte que la dimension sérieuse laissant de côté la dimension ludique (41).

2. Classification des jeux vidéo en fonction de sa dimension ludique

De nombreux systèmes pour classer les jeux vidéo ont été pensés. Ils se basent principalement sur le *gameplay*, c'est-à-dire sur les mécanismes de jeux, sa prise en main, les possibilités offertes par l'environnement de jeux, etc. L'approche la plus courante consiste en des classifications basées sur les genres du jeu vidéo (aventure, action, plateforme, réflexion, stratégie, etc.) (41). Ces systèmes sont malheureusement controversés du fait de certains défauts mis en évidence par Letourneux (2006) (54) et Apperley (2006) (55). Ainsi, ces classifications sont considérées comme purement subjectives, et par conséquent ce système de classification est variable et ainsi non fiable dans le temps. Suite à cela, d'autres travaux ont préféré s'appuyer sur la structure interne des jeux vidéo pour élaborer une classification (41,56).

3. Classification des serious games : modèle G/P/M et sa variante G/P/F/P pour la santé

Pour prendre en compte la dimension sérieuse et ludique en simultanée des serious games, et en se basant sur tous les travaux de classification précédemment décrits, Djaouti et Alvarez proposent le modèle G/P/S pour classer les serious games.

Il s'agit d'utiliser les trois types de critères précédemment décrit à savoir :

- Le Gameplay
- Permet de (purpose)
- Secteur (scope)

Le *gameplay* permet de renseigner sur l'aspect ludique et s'il présente ou non des objectifs explicites. Il différencie les notions de *ludus* et de *païda* introduites par Caillois (1967) (57) et actualisées ensuite par Frasca (2003) (58).

La notion de *païda* est utilisée lorsqu'aucun objectif clairement explicite n'est communiqué au joueur pour gagner. Les joueurs vont donc pouvoir créer leurs propres objectifs dans le monde du jeu. A l'inverse, un jeu *ludus* va définir des objectifs explicites qui vont ainsi permettre "d'évaluer la performance du joueur, à travers un retour positif (gain de points de score) ou négatif (perte d'une vie)".

Il est utile de noter que la différence entre *païda* et *ludus* équivaut à la différence entre *play* et *game* en anglais (41,59).

La seconde notion, intitulée "permet de", se réfère aux fonctions utilitaires des serious game. Toujours selon Alvarez et Djaouti, il ne distingue que trois types de fonction, à savoir la diffusion d'un message, favoriser l'échange de biens ou encore dispenser un entraînement.

Les serious games visant la diffusion de messages peuvent être de quatre natures différentes : éducatif (visant la transmission de savoir ou d'un enseignement), informatif (visant la diffusion d'un point de vue neutre), persuasif (visant à influencer) et subjectif (visant la diffusion d'opinion). Par ailleurs, le serious game peut s'axer sur une de ces trois fonctions ou en combiner plusieurs (41,59,60).

Enfin, le "secteur" donne deux autres informations pour qualifier le serious game. Le premier type d'information concerne le public visé, qui est compartimenté en trois catégories, "grand public", "étudiants" et "professionnels", et sous divisé par tranche d'âge. Le second type d'information concerne les domaines d'application visés par le serious games, appelés "marchés". A titre d'exemple, on parlera du marché de la santé, de l'éducation ou de la politique

entre autres. La liste doit être régulièrement mise à jour pour refléter l'apparition des nouveaux secteurs (figure 13) (41,59,60).

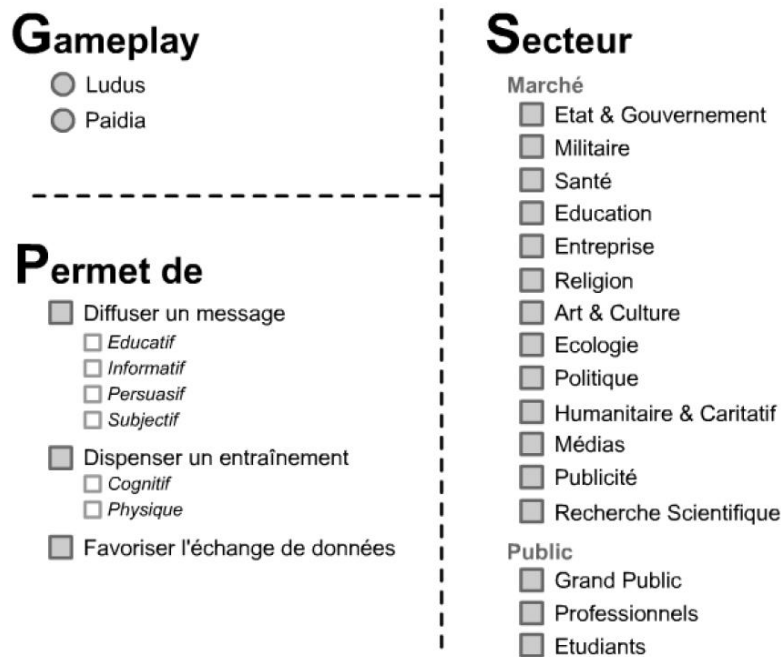


Figure 13 : Les différents critères du modèle G/P/S de classification des serious games (41)

De cette première taxonomie est né un nouveau modèle, largement inspiré du modèle G/P/S en gardant la notion de “gameplay” et de “purpose”, pour parler de la santé. En effet, si le modèle G/P/S permet une vision globale des serious game, il est rapidement observable les limites de cette classification lorsque nous devons développer plus précisément un type de “marché” ; en l’occurrence ici la santé (59).

Alvarez et Djaouti se sont donc inspirés des travaux de Smith et Sawyer (53) pour spécifier la notion de secteur et en la remplaçant par deux nouveaux critères. Celui de “fonction” et celui de “public”. Le critère de “public” regroupe trois catégories : les particuliers, les praticiens et les chercheurs en institutions. Le critère de “fonction” regroupe quant à lui les notions de prévention, publicité, éducation et soin (59).

Il est ainsi obtenu dans la figure 14 une dernière classification à quatre critères, basés sur d’une part “le gameplay” et “l’intention” qui s’appuie sur la conception du serious game et d’autre part la notion de “fonction” et “public” pour définir les champs de son application. Cette taxonomie, dédiée au secteur de la santé, se nomme modèle G/P/F/P (59) .

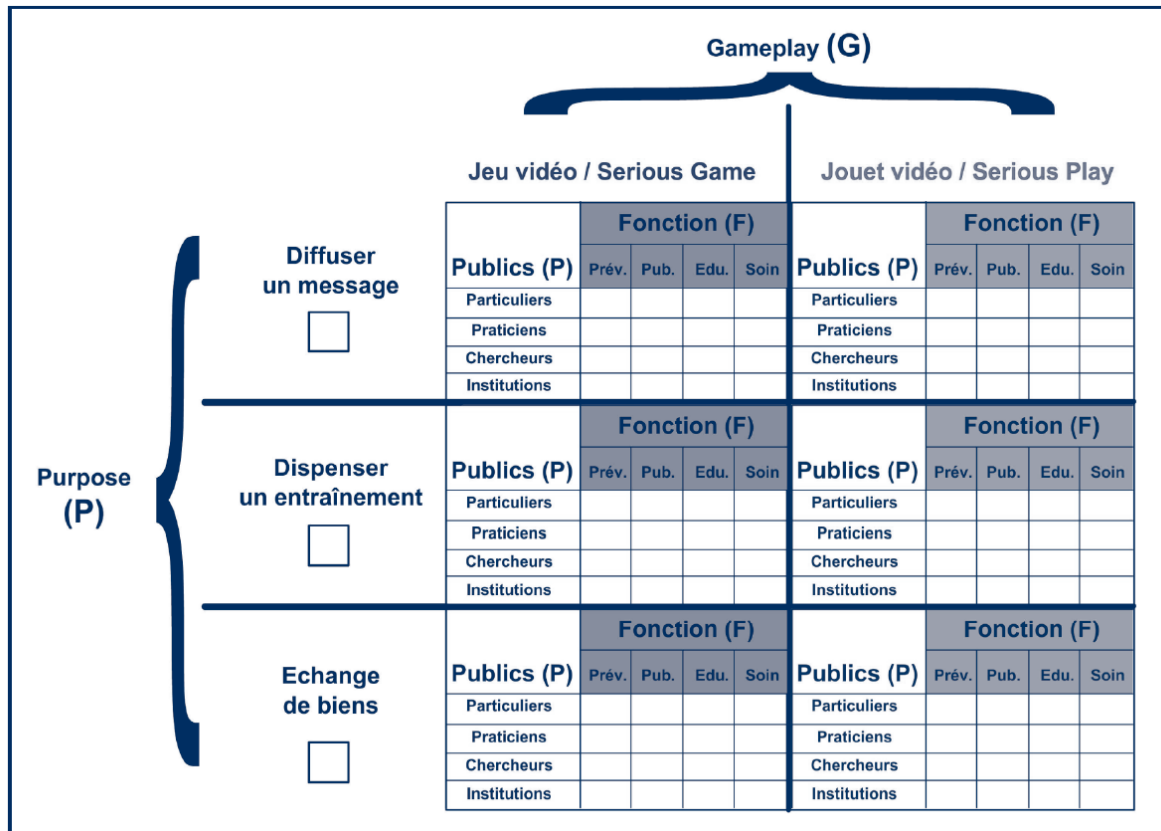


Figure 14 : Modèle G/P/F/P (59)

C. Un engagement réellement augmenté ?

En psychologie du développement, le divertissement, à travers la notion de *ludus* c'est-à-dire le jeu, occupe une place fondamentale. De nombreux auteurs comme Piaget (61), Winnicott et al. (62) ou encore Vygotsky (63) montrent que le jeu a un impact sur le développement des individus à la fois sur le plan cognitif, affectif et incitatif (48). Par le biais du jeu, l'enfant va interagir avec le monde extérieur et ainsi pouvoir apprendre et se développer. Le jeu va ainsi intervenir positivement dans le processus d'intégration des premiers savoirs.

Pour rappel, les serious games se composent d'une dimension sérieuse et d'une dimension vidéoludique (41). C'est sur cette dimension vidéoludique que repose la notion de motivation et de plaisir entre l'apprenant et le jeu (64). Les serious games fortifient donc la motivation et favorisent l'apprentissage (45,49,65) grâce notamment à deux notions décrites comme étant le *flow* et le sentiment d'immersion.

Le *flow* peut s'apparenter à un état de bonheur subjectif dans lequel va se trouver l'individu. Celui-ci va se voir absorbé dans son activité et avoir sa motivation et sa concentration développées (66). Denis suppose une motivation intrinsèque élevée qu'il définit comme étant "un engagement libre de l'individu pour ce qu'une activité lui apporte en elle-même". Afin de satisfaire son désir, l'individu met tous les moyens en œuvre pour accomplir l'objet de sa motivation. L'activation de cet état de motivation intrinsèque sera donc dépendante du joueur

et de ses compétences propres, de l'intérêt qu'il aura pour le challenge qui lui est proposé, de son état de santé et du temps qu'il aura pour se consacrer à l'objet de son désir (67).

Le sentiment d'immersion a lieu lorsque l'individu se sent immergé dans un système stimulant, ce qui tend à augmenter sa motivation à accomplir les objectifs définis (68). Marne *et al.* (64) admettent que le jeu induit ce sentiment, et qu'il constitue donc un facteur de motivation dans l'apprentissage.

Nous pouvons donc penser que les serious games peuvent constituer, par le biais du *flow* et du sentiment d'immersion, un système de motivation dans l'apprentissage du joueur.

Cependant, s'il avère qu'il est possible de prouver l'efficacité dans l'apprentissage des serious games, est-il possible de certifier que les serious games sont plus motivants que les méthodes conventionnelles (conférences, lecture, exercices pratiques et environnements d'apprentissage par hypertexte) ?

A travers la méta-analyse sur les serious games de Wounters *et al.*, l'impact positif que peuvent avoir les serious games dans le processus d'apprentissage a été confirmé, notamment en modifiant le processus cognitif et en affectant la motivation. Il a précisé que dans les serious games les apprenants, en comparaison aux méthodes conventionnelles, apprennent mieux quand les sessions de simulation sont multipliées, quand les joueurs travaillent en groupes et quand le jeu est complété par des instructions claires et bien définies (69).

Cependant, dans cette méta-analyse, rien ne prouve que les serious games soient plus ou moins motivants que les méthodes conventionnelles, car la différence n'est pas significative (69). Trois arguments plausibles pourraient expliquer néanmoins une absence de motivation plus élevée. En raisonnant selon l'approche de l'autodétermination, Ryan *et al.* ont fait valoir que l'autonomie soutient les motivations intrinsèques (70) et donc que les conditions qui limiteront le sentiment de contrôle ou de liberté d'action auront un impact négatif sur la motivation intrinsèque (71). Or, dans les serious games, le niveau de contrôle est bien présent. Il s'applique à la fois à la construction du jeu, aux actions et décisions attendues des joueurs, le moment où il faut y jouer et aussi la contrainte de temps qui résulte de la simulation (69,70).

Le deuxième argument se rapporte à la conception même du serious game. La cohabitation entre d'une part la conception de jeux axés sur le divertissement et la conception pédagogique axée sur l'apprentissage n'est pas naturelle ; la priorité sera foncièrement donnée à un de ces deux volets qui constituent les serious games (69).

Enfin, le dernier argument pourrait porter sur les méthodes d'évaluation de la motivation. Wounter se questionne sur la pertinence d'évaluer la motivation a posteriori de la simulation par le biais de questionnaires et d'enquêtes. Des mesures physiologiques ou comportementales, tels que le suivi des yeux (*eye tracking*) et la conductivité de la peau (*skin conductance*), collectées durant la séance de simulation, semblent montrer plus d'intérêts (69).

Cette méta-analyse permet donc de nuancer l'impact que peuvent avoir les serious games sur la motivation des apprenants.

D. Apprendre dans un environnement sécurisé

“I never lose either I win or I learn”
Nelson Mandela, homme d’Etat Sud-Africain

L’institut américain de médecine a fait état en 2000 de chiffres alarmants sur les effets indésirables que subissent les patients. En effet, entre 44 000 et 98 000 décès de personnes rapportées aux erreurs médicales ont été dénombrés aux États-Unis (72). En France, la direction de la recherche, des études, de l’évaluation et des statistiques (DRESS) a réalisé deux enquêtes nationales en 2004 et 2009 pour identifier la prévalence des événements indésirables graves (EIG) et connaître la proportion des EIG évitables. Il s’avère que “parmi les 87 EIG évitables en 2009, 64 sont consécutifs à des soins non appropriés, à des retards ou à des erreurs dans leur réalisation” (73).

L’apprentissage par la simulation, et plus particulièrement des serious games bien construits, mettent à disposition de l’apprenant un espace d’expérimentation sécurisé et contrôlé et où celui-ci sera invité à exercer ses capacités de réflexion (74). Cet environnement est donc à la fois sécurisant pour le patient et pour l’apprenant.

La plupart des serious games sont construits sur un mode d’apprentissage par expérimentation. Dans le jeu, il va pouvoir tester ses hypothèses et avoir un retour positif si sa démarche est correcte et négative dans le cas contraire (74). Il va donc avancer progressivement par essais et erreurs.

Lors de ces sessions de simulation, il est presque attendu que l’apprenant fasse des erreurs. Il est donc important que lors de la séance de briefing, l’équipe pédagogique informe de la possibilité de faire des erreurs afin que l’apprenant en soit conscient et ne vive pas l’erreur dans la simulation comme un échec en soi. Il faut insister sur le fait que ces séances de simulation sont le lieu où il est possible de faire des erreurs sans porter préjudice aux patients, et qu’ils peuvent apprendre de leurs erreurs pour progresser dans le jeu et se former. Il s’agit là d’un apprentissage constructiviste qui est mis en avant (75).

Dans son ouvrage, *l’erreur un outil pour enseigner*, Jean Pierre Astolfi illustre très bien cette pensée de l’apprentissage par l’erreur, notamment à travers ces quelques mots :

“Se confronter à des difficultés, à des défis, à des opinions variées, à des “errances” passagères constitue un véritable moteur pour l’apprenant qui est amené à rechercher de l’information, à s’approprier des matières scientifiques, à se questionner de façon autonome, etc. Si à chaque erreur ou hésitation, la seule réponse qu’il/elle reçoit est une sanction, il y a peu de chance qu’il/elle persévère” (76).

Il est intéressant de remarquer que les serious games permettent à l’enseignant de prendre en compte les différents rythmes d’apprentissage existant entre chaque apprenant (77). En effet, chaque étudiant pourra apprendre à son allure et il aura la possibilité de recommencer la séance de simulation tant qu’il n’aura pas trouvé la bonne solution au problème posé. A l’inverse, l’étudiant qui aura rapidement assimilé la notion voulue n’aura pas forcément besoin d’attendre son camarade (74).

E. Intérêts et limites de la simulation par le serious game

A travers ces deux premières parties, nous avons pu caractériser ce que représentait la simulation en santé et plus particulièrement les serious games. Nous allons maintenant essayer d'exposer quels pourraient être les intérêts et limites d'un tel outil pédagogique à travers le tableau 2. Cependant, nous ne pensons pas qu'il existe de réponses absolues à cette question car le panel de serious games existant et le contexte de leur utilisation peuvent être extrêmement variés. De plus, il est important de garder à l'esprit que les serious games n'ont pas vocation à se substituer à un enseignant et ne sont pas des "outils magiques" de l'apprentissage (74).

Intérêts	<ul style="list-style-type: none"> - Impact positif sur la motivation des apprenants (74,78,79) ; - Possibilité d'évoluer dans un environnement sans risque pour les patients et participants (1,11,13). L'erreur est permise et sera analysée afin d'apprendre à la gérer (75,80) ; - Pouvoir prendre en compte les différents rythmes d'apprentissage des apprenants (74,77) ; - Pouvoir contrôler la reproductibilité des situations et toutes les variables de la simulation (13) ; - Favoriser le travail de groupe, la coopération, la communication et les interactions pédagogiques entre les apprenants (74,79) ; - Développer la confiance en soi des apprenants (48,79,81,82) ; - Permettre de "se libérer des contraintes liées à l'espace-temps" (83) ; - Possibilité de s'entraîner à faire face à des situations rares dans la pratique de tous les jours (83).
Limites	<ul style="list-style-type: none"> - L'attitude des participants vis-à-vis de la simulation peut varier de la réalité. Il est retrouvé d'une part des personnes dans un état d'hypervigilance et d'autre part des personnes désinvoltes (84) ; - Des contraintes matérielles, logistiques et humaines : coût du logiciel pour créer le serious game (13,27), formation du personnel enseignant à l'utilisation de ses nouveaux outils numériques (1,85), des contraintes liées aux temps (élaboration du serious game, durée limitée de la simulation) (1,74,85) ; - Une surreprésentation des évènements rares (86) ; - La nécessité d'intégrer le serious game dans un programme de formation avec une participation active de l'enseignant (74,87).

Tableau 2 : Intérêts et limites de la simulation par les serious games

Les serious games semblent constituer un outil intéressant et novateur dans l'enseignement et la formation de professionnels de santé. Dans cette troisième partie, nous mettrons temporairement de côté l'aspect technique pour nous focaliser sur le contenu didactique, que nous voulons transmettre aux apprenants, à savoir la prise en charge des traumatismes sur les dents permanentes immatures, et plus précisément dans le cas de fractures amélo-dentinaires avec ou sans exposition pulpaire.

III. Traumatologie sur les dents permanentes immatures

A. Prévalence des traumatismes alvéolo-dentaires et facteurs de risque

En odontologie, les traumatismes alvéolo-dentaires (TAD) constituent un motif de consultation d'urgence (88) pour lesquels la rapidité de prise en charge est un des facteurs déterminants qui conditionne le pronostic de la dent. C'est un réel problème de santé publique en raison de sa prévalence élevée (variable de 2 à 58%) (89,90) chez le sujet jeune, son coût et du fait que le traitement peut se poursuivre durant toute la vie du patient (91).

Une étude menée au Brésil en 2009 par Traebert *et al.* arrive à la conclusion que les parents, enseignants et chirurgiens-dentistes de la ville de Joaçaba montrent une variabilité de réponse dans la prise en charge des TAD. De plus, la grande majorité des chirurgiens-dentistes ne suivent pas les recommandations de la littérature concernant l'approche qu'ils doivent avoir pour prendre en charge ces TAD, probablement en raison d'un manque de connaissances (92). En se basant sur deux enquêtes nationales présentant la prévalence des TAD, Glendor, lors d'une revue de la littérature menée en 2008, met en lumière les résultats suivants : un adolescent sur six et un adulte sur quatre auraient subi un traumatisme dentaire au cours de leur vie (91). De surcroît, d'après une étude transversale représentative d'une population d'enfant du Brésil âgé de 8 à 12 ans on y détermine une prévalence de 13% (IC 95%) (90) des TAD variant de 7% à 8 ans à 22% à 12 ans (93).

De nombreux facteurs sont décrits dans la littérature comme étant des facteurs aggravants ou protecteurs des TAD.

Parmi les facteurs aggravants dit aussi de risque, il y a l'âge, les dysmorphoses dento-maxillaires, les habitudes de succion non nutritive, les comportements à risques et les troubles comportementaux comme les troubles de déficit de l'attention-hyperactivité (TDAH), l'obésité, les individus ayant déjà eu un antécédent de TAD et en fonction du niveau socio-économique (90,94). Dans les facteurs protecteurs, il y a par exemple des traits de caractères comme celui de la timidité et de l'anxiété (95) mais également le port de matériel de protection lors d'activité sportive comme des gouttières ou des casques.

Il est important de se rendre compte également que le type d'atteinte suite à un TAD varie en fonction de l'âge de l'individu (90,96).

En denture temporaire stricte (jusqu'à l'âge de 6 ans), la plasticité de l'os, la petite taille de la face et la morphologie des dents (couronne dentaire plus petite et racine plus courte), ont généralement pour conséquence des blessures au niveau des muqueuses ainsi que des luxations et subluxation dentaires. En cas de fracture dentaire, la fracture coronaire sans complication pulpaire sera la plus fréquente (90,96).

En denture mixte (entre 7 et 12 ans en moyenne), les cavités pneumatiques se développent au niveau des os de la face, ce qui se traduit par des zones de moindre résistance et une diminution de la résilience de l'os. Les blessures les plus fréquentes lors de TAD sont les luxations et les fractures coronaires sans complication (90,96).

En denture permanente (à partir de 12 ans en moyenne), l'os atteint sa maturité et est devenu très résistant. Dans cette situation, la traumatologie sera majoritairement des atteintes des tissus durs (90,96).

Concernant la fréquence des traumatismes en fonction des dents, des études ont démontré que les incisives centrales maxillaires sont les plus fréquemment atteintes (figure 15). La fréquence est de 34% pour la 11 et 37% pour la 21 (89). De plus, les incisives maxillaires sont les plus visibles, ce qui fait qu'en cas de TAD, les préjudices seront à la fois fonctionnels mais également esthétiques et sociaux, et pourront avoir une influence sur la qualité de vie du patient (90).



Figure 15 : Fréquence des traumatismes sur les incisives (90)

Concernant les dents postérieures, elles ne sont que très rarement concernées, si ce n'est lors de traumatisme imposant un choc à direction verticale, de bas en haut (97).

Parmi les traumatismes les plus courants survenant sur les dents permanentes immatures, la fracture coronaire est la plus fréquente et représente selon la littérature de 26 à 76% (88,97) des traumatismes dentaires. Parmi ces traumatismes, les fractures amélo-dentaires sans exposition pulpaire représentent 51% (90) (44,9% en denture permanente (98)) et avec exposition pulpaire de 2 à 13% (99).

En outre, il est primordial de bien savoir prendre en charge ce type de traumatisme dès la première consultation d'urgence, ce qui conditionnera le pronostic à court, moyen et long terme de la dent concernée.

B. Prise en charge en urgence de la fracture amélo-dentinaire avec et sans exposition pulpaire sur l'incisive permanente immature

1. Consultation du patient traumatisé et pose du diagnostic

Lors d'un TAD, les parents et les enfants sont souvent en état de choc psychologique, ils sont anxieux et chez l'enfant cet état peut s'accompagner de douleur. Le premier contact avec le patient, qu'il soit téléphonique ou lors d'une consultation, est donc essentiel afin d'évaluer la gravité du traumatisme et de rassurer parents et enfants (90,100) .

Comme toute consultation d'urgence médicale, le recueil de l'anamnèse, l'examen exo et endo buccal ainsi que les examens complémentaires de type radiologique permettent au praticien de pouvoir poser un diagnostic puis traiter l'urgence.

L'anamnèse est la première étape de l'examen médical. C'est lors de cette étape que sont recueillies les informations concernant la santé du patient, ses antécédents médicaux et

chirurgicaux, mais également sur les circonstances de son accident. Dans le tableau 3 sont proposés des exemples de questions qu'il est nécessaire de poser au patient, et surtout pourquoi il faut les poser.

La recherche d'une perte de conscience, de vomissement, de céphalées, de trouble de la vue, de trouble moteur, de convulsion, d'otorrhée ou de rhinorrhée peut traduire des atteintes cérébrales et nécessite une orientation dans un service d'urgence médicale (101). De plus, les circonstances de l'accident comme l'énergie du choc ou l'orientation de l'impaction pourront nous renseigner sur le type de TAD. Le lieu du traumatisme est également à demander afin d'évaluer le risque de contaminations des plaies et de savoir si le patient est à jour de son vaccin antitétanique ou s'il nécessite une injection de vaccin rapidement (90).

Questions	Raisons de poser ces questions
Date du traumatisme	→ Déterminera le pronostic
Temps écoulé depuis le traumatisme avant la prise en charge par le chirurgien-dentiste	→ Peut renseigner sur le traitement
Qu'est-il arrivé ?	→ Déterminera le mécanisme du traumatisme
Où le traumatisme s'est-il produit ?	→ Peut nécessiter un rappel du tétanos
Y a-t-il eu une perte de connaissance ?	→ Peut nécessiter une orientation vers un service d'urgence générale
Y-a-il eu un traitement d'urgence qui a été effectué précédemment ?	→ Pour avoir un aperçu complet de ce qui a été effectué
Historique médical	→ Peut contre-indiquer certains traitements : - Immunodéprimé - Bisphosphate/radiothérapie - Allergies - État hémorragique
Le patient fume-t-il ?	→ Peut compromettre la guérison
Y-a-t-il des perturbations de l'occlusion ?	→ Renseignera sur un défaut de positionnement de la/les dents

Tableau 3 : Questions à inclure dans le recueil de l'anamnèse, d'après (100)

Une fois l'anamnèse recueillie, il faut systématiquement effectuer l'examen clinique avec des gestes doux, sans aucune précipitation mais en allant relativement vite pour ne pas perdre la coopération du jeune patient (90,100).

L'examen exobuccal consiste à évaluer :

- Les plaies faciales ;
- La bonne intégrité des os de la face ;
- Le bon fonctionnement des articulations temporo-mandibulaires.

Le visage souillé est nettoyé avec de l'eau ou des compresses imbibées de sérum physiologique afin de bien inspecter les plaies et d'apprécier si des sutures sont nécessaires. Une palpation des rebords osseux sera ensuite réalisée (bord inférieur de la mandibule, de l'épine nasale, de l'os zygomatique et des planchers de l'orbite) afin de contrôler l'absence de fractures osseuses. Lors

de la palpation, une sensation de continuité des os de la face doit être retrouvée, ainsi qu'une réponse négative à la douleur. Les œdèmes, ecchymoses et hématomes seront à rechercher car ils peuvent être le signe de fractures sous-jacentes (90).

Enfin, toute perturbation de l'ouverture buccale, limitation ou douleur peuvent incriminer une fracture ou luxation du condyle (90,94,100). Les risques de fracture de la tête condylienne sont majorés lors de chocs ayant pour zone d'impact le menton (90).

Après avoir effectué l'examen exobuccal et vérifié l'intégrité des bases osseuses et du revêtement cutané, il convient de demander au patient d'ouvrir la bouche afin de poursuivre l'examen clinique en inspectant la cavité buccale. De même que pour l'examen exobuccal, l'examen endobuccal se réalise en trois étapes :

- L'examen des muqueuses
- L'examen de l'occlusion
- L'examen dentaire

La palpation des lèvres et de la langue est importante pour rechercher de potentiels corps étrangers qui auraient pu pénétrer lors du traumatisme, tels que des fragments dentaires. On vérifiera également la profondeur et la dimension des plaies afin de savoir si des sutures sont nécessaires (90).

L'examen de l'occlusion dentaire peut renseigner sur le déplacement de dents ou des procès alvéolaires. Le patient aura une tendance à la propulsion ou à garder la bouche légèrement entrouverte afin de se retrouver dans une position de confort non douloureuse (90).

Dans la situation que nous souhaitons proposer au cours d'un serious game, axé sur la prise en charge des traumatismes avec fracture coronaire (avec et sans exposition pulpaire) sur des dents permanentes immatures, l'examen dentaire est capital. Les dents atteintes lors du traumatisme et le type de traumatisme rencontré (fêlures, fractures amélaire ou fractures amélo-dentaires sans ou avec exposition pulpaire) doivent être répertoriés. Lors de la consultation d'urgence, divers tests cliniques (tableau 4) sont intéressants à réaliser afin d'apporter des compléments d'information. Néanmoins, ces tests ne sont pas tous fiables en totalité et sont praticiens/patients dépendants (90).

Pour conclure avant de poser un diagnostic, il est recommandé de réaliser un examen radiographique. Il est indispensable dans le suivi afin de comparer l'état initial avec la situation du moment (90,100,106). Pour un traumatisme localisé au niveau du maxillaire antérieur, il est recommandé de réaliser une radiographie occlusale et deux à trois radiographies rétro-alvéolaires avec angulateur (107,108).

<p>Radiographie de 1^{ère} intention</p>	<p style="text-align: center;"><u>OCCLUSALE</u></p> <p>En denture temporaire elle permet d'apprécier les rapports avec les germes des dents permanentes sous-jacentes.</p> <p>Elle permet également de mettre rapidement en évidence une fracture radiculaire.</p>	<p style="text-align: center;"><u>RETRO-ALVEOLAIRE</u></p> <p>Il est recommandé d'utiliser un angulateur radiographique lors de la prise des clichés afin d'avoir des incidences reproductibles et de pouvoir comparer les clichés réalisés.</p> <p>Ces radiographies permettent de mettre en évidence l'état du desmodonte, de la racine (maturité de l'apex, forme, ...), la localisation d'une potentiel fracture, la taille et localisation de la pulpe par rapport à la blessure.</p>
<p>Radiographie de 2^{ème} intention</p>	<p style="text-align: center;"><u>PANORAMIQUE DENTAIRE</u></p> <p>Elle est indiquée uniquement en cas de suspicion de fractures des bases osseuses ou d'atteinte des condyles.</p>	<p style="text-align: center;"><u>CBCT</u></p> <p>Elle peut être indiquée si les examens de première intention n'ont pas révélé suffisamment d'information pour conclure à un diagnostic notamment lorsqu'il s'agit de mettre en évidence une fracture radiculaire.</p>

Tableau 5 : L'examen radiographique et indication (90,100)

La photographie dans le cas de traumatisme peut présenter une réelle utilité afin de suivre l'évolution des lésions extra et intraorales (dyschromies, éruption, guérison des tissus mous, ...). Cependant, elle nécessite de recueillir l'accord parental (90,100,106).

Maintenant que nous savons comment réaliser un examen complet en cas de TAD, nous allons axer notre travail sur les traitements à réaliser dans le cas de traumatisme dentaire sur le secteur antérieur avec et sans exposition pulpaire.

2. Traitements à court terme

La séance d'urgence concernant une fracture sur dent permanente immature avec ou sans complication pulpaire, peut se diviser en quatre étapes : traiter la douleur et restaurer les tissus dentaires, délivrer la prescription au patient, rédiger le certificat médical initial (CMI), et programmer le suivi du patient.

→ Réalisation de l'acte technique

Le diagnostic différentiel entre une fracture coronaire avec et sans exposition pulpaire se fait lors de l'examen clinique. Le pronostic de conservation de la vitalité pulpaire et par extension du traitement à prodiguer sera dépendant du temps d'exposition de la pulpe à l'air libre entre le traumatisme et la consultation, de la taille de l'exposition pulpaire et du stade d'édification radiculaire (90,109,110).

En cas d'exposition pulpaire, l'objectif principal est la préservation de la vitalité pulpaire, d'autant plus en cas d'immaturité radiculaire car les dents doivent continuer leurs édifications radiculaires. Les dents permanentes immatures (DPI) présentent une capacité de cicatrisation plus importante du fait d'une vascularisation élevée, de la présence de tissus fibreux peu cellulaire et en quantité abondante (90). C'est pourquoi le traitement endodontique n'est pas indiqué en première intention et des techniques de coiffage pulpaire direct ou de pulpotomie partielle/cervicale seront indiquées.

“Le coiffage pulpaire est une intervention qui consiste à placer sur une pulpe dénudée superficiellement une substance capable de permettre une guérison pulpaire, accompagnée d'une cicatrisation et d'une apposition dentinaire, entraînant, au besoin, une nouvelle fermeture de la chambre pulpaire”(111).

De nos jours, il existe globalement trois matériaux de coiffage direct : l'hydroxyde de calcium, le Mineral Trioxyde Aggregate (MTA[®]), et la Biodentine[™]. Si pendant très longtemps, l'hydroxyde de calcium était considéré comme le matériau de choix, le MTA[®] ou la Biodentine[™] sont désormais davantage utilisés.

De nombreuses études ont en effet démontré que le MTA[®] avait une efficacité supérieure avec des résultats cliniques plus élevés lors du coiffage pulpaire direct. Deux inconvénients sont cependant à souligner concernant l'utilisation du MTA[®]. Il s'agit de la manipulation délicate du produit et du préjudice esthétique sur les dents antérieures dû à des dyschromies. Pour pallier ces colorations, on pourra utiliser la Biodentine[™] qui a un temps de prise très rapide en comparaison au MTA[®], de l'ordre d'une dizaine de minutes (90,112–114) .

En fonction du temps écoulé entre le traumatisme et la consultation chez le chirurgien-dentiste (voir figure 16), une pulpotomie partielle ou cervicale sera à envisager avant le coiffage pulpaire direct. Il est important également d'obtenir l'hémostase avant d'effectuer le coiffage pulpaire direct (90).

Une fois la pulpe isolée du milieu buccal grâce au coiffage pulpaire direct, la situation retrouvée est la même que lors d'une fracture coronaire sans complication pulpaire. La prochaine étape consiste donc à reconstruire l'organe dentaire pour à la fois rétablir l'esthétique et la fonction mais également pour protéger le complexe pulpo-dentinaire.

La thérapeutique qui va suivre dépendra si on dispose ou pas du fragment coronaire et s'il est repositionnable. Comme le montre la figure 16, si le fragment est disponible et repositionnable il sera collé dans la séance à l'aide de technique conventionnelle. Le cas contraire, il sera

possible d'utiliser un ciment verre-ionomère (CVI) ou un agent de collage avec une résine composite (90,106).

Une étape intermédiaire sera nécessaire si la pulpe est visible par transparence (distance inférieure à 0,5 mm entre la dentine et la pulpe). Un coiffage pulpaire indirect à l'aide d'hydroxyde de calcium sera réalisé (106).

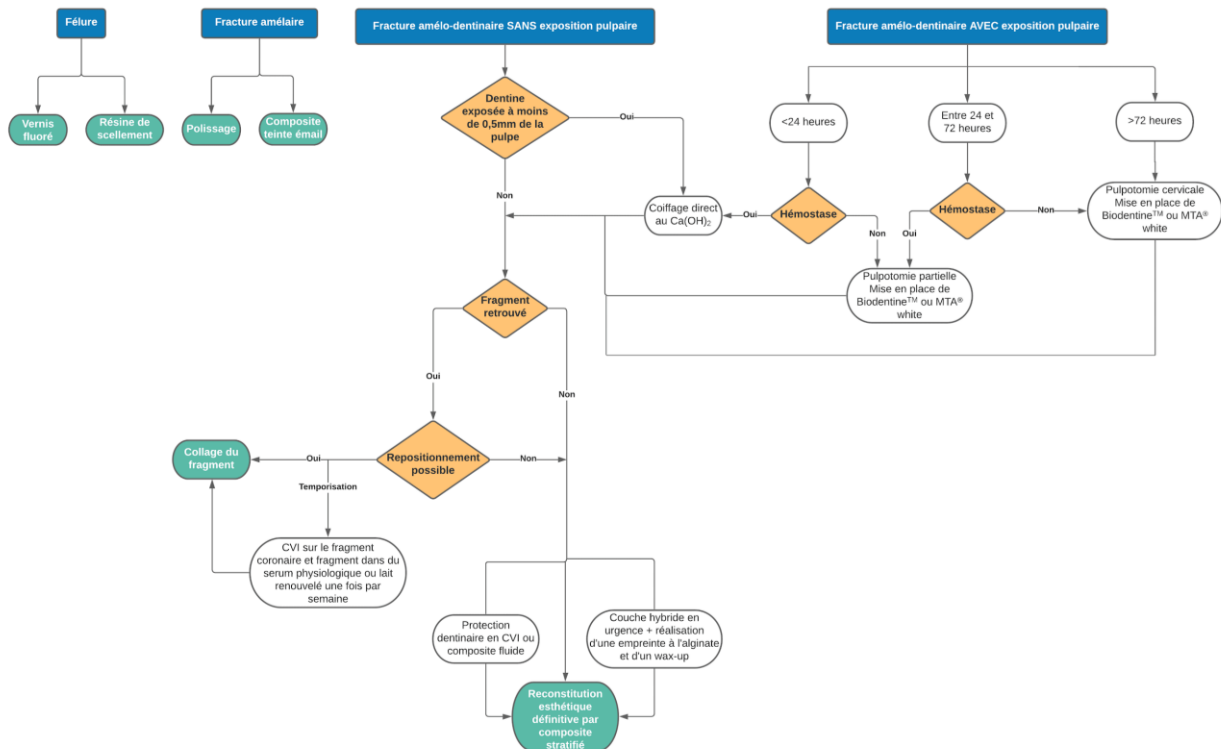


Figure 16 : Arbre décisionnel, prise en charge des fractures coronaires MTA sur les incisives permanentes immatures (modifié et adapté d'après (90,106))

→ L'acte de prescription dentaire et recommandations à délivrer au patient

A la suite d'un TAD, l'acte d'urgence s'accompagne généralement d'un acte de prescription et de certaines instructions délivrées à l'enfant et à son représentant légal.

Selon le rapport établis par Agence Française de Sécurité Sanitaire et des Produits de Santé (AFSSPS), maintenant dénommée l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM), une prescription d'antibiotique systématique lors d'un traumatisme dentaire n'est pas préconisée. En effet, concernant les TAD touchant la population générale (entendre par la non immunodéprimée ou non à risque d'endocardite infectieuse), avec ou sans effraction muqueuse ou osseuse, la prescription d'antibiotique n'est pas recommandée (115).

Dans notre situation concernant les traumatismes amélo-dentaires avec ou sans exposition pulpaire, ceux-ci peuvent s'accompagner de douleur résultant du traumatisme et pouvant nécessiter la prescription d'antalgiques (108). La HAS a rédigé en 2016 un rapport concernant la prise en charge médicamenteuse de la douleur chez l'enfant et l'alternative à la codéine (116).

Ce rapport établit que :

- Le paracétamol est la molécule à privilégier en cas de douleur légère et en première intention ;
- Pour des douleurs modérées à intenses, l'ibuprofène sera prescrit mais qu'en cas de terrain infectieux leur prescription ne se fera qu'en association avec un antibiotique afin de ne pas engendrer une flambée infectieuse ;
- En cas d'échec, l'association ibuprofène - paracétamol est indiquée ;
- En cas de douleur intense dès le départ ou en cas d'échec de l'association ibuprofène-paracétamol, la prescription de tramadol est à réaliser.

À ces fractures amélo-dentaires peuvent aussi s'ajouter des plaies de la cavité buccale. En fonction des atteintes, une prescription de compresses et d'antiseptiques à base de chlorhexidine non alcoolisée pourra être remise au patient pour nettoyer les zones intra-orales lésées et faire des bains de bouche. Des pommades grasses (type vaseline) seront appliquées sur les plaies extra-orales (90,108).

Enfin, il faudra informer le représentant légal de l'enfant et celui-ci d'éviter de solliciter les dents ayant subi un traumatisme (suction digitale, sucette et autre parafonctions), d'avoir une alimentation molle pendant au moins une semaine, et de bien nettoyer la zone traumatisée avec une brosse à dent souple ou chirurgicale (108).

→ La rédaction du Certificat Médical Initial

Selon la HAS, le Certificat Médical Initial (CMI) "est un constat médico-légal et fait partie des éléments qui permettront d'attester devant la justice du préjudice subi par la victime" (117).

En cas de traumatisme dentaire, le chirurgien-dentiste est le plus à même de constater la gravité des lésions subies par l'individu au moment initial. Le CMI sert donc de point de départ à la suite du parcours de soin.

Classiquement, le CMI devra être rédigé de manière factuelle et être le plus précis possible en fonction de ce que verra le chirurgien-dentiste lors de l'examen clinique (nature des lésions, dimensions, forme, couleur, localisation, etc), et il ne pourra être délivré sans examen, suite à un appel téléphonique par exemple (118). Si des examens complémentaires sont réalisés, comme des radiographies, il devra en faire mention ainsi que ses résultats. Les soins qui auront été prodigués suite à l'urgence devront être mentionnés. Le chirurgien-dentiste devra proscrire toute interprétation des faits, ne jamais accuser un tiers et devra éviter les omissions (90,117,119).

Concernant la forme de la rédaction du CMI (90,117,120,121) :

- Le CMI devra être rédigé en français mais une copie dans la langue maternelle du patient pourra lui être remise.
- Il devra renseigner l'identité de la personne ayant subi le traumatisme (nom, prénom et date de naissance) et s'il s'agit d'un enfant, préciser le nom du représentant légal, son lien avec l'enfant ainsi que ses coordonnées.
- Il est recommandé d'utiliser le présent de l'indicatif lors de la rédaction et de le dactylographier.
- Les dires spontanés de la victime et de son représentant devront être rapportés entre guillemets sous la forme d'une citation.
- Un paragraphe pour préciser que nous ne pouvons prévoir le devenir des dents ayant subi un traumatisme doit être rédigé comme par exemple "toutes les réserves d'usage

doivent être formulées concernant le devenir de la dent/les dents traumatisées et éventuellement des dents adjacentes, antagonistes et successives.

- Il devra porter la mention “certificat établi à la demande de ... (des parents ou ayant droit) ... (nom de l’enfant) sur leur demande et remis en mains propres pour faire valoir ce que de droit”.
- Il se clôturera par la date, l’heure, le lieu et la signature du chirurgien-dentiste puis de son cachet.

La figure 17 propose une trame de rédaction pour rédiger un CMI chez l’enfant.

Dr X...
Chirurgien-Dentiste
ou
Etablissement/Service
Fonction du signataire
Adresse du lieu d'exercice

Je soussigné Dr X..., docteur en chirurgie dentaire, certifie avoir reçu ce jour en consultation le (date), l'enfant ... âgé de ... ou (né le) accompagné de ses parents/représentant légal M/Mme ...

Aux dires de ... et de l'enfant, il a été rapporté que l'enfant a subi un traumatisme bucco-dentaire étant survenu à ... (adresses) le (date) ... à (heure), dans les conditions suivantes : ...

Lors de la consultation j'ai pu constater :

- **A l'examen clinique :**

- Constatations extra-orales
- Constatations endo-buccales

- **A l'examen radiographique**

En urgence j'ai pratiqué ... (décrire le traitement d'urgence mis en œuvre).

Toutes les réserves d'usages doivent être formulées concernant le devenir des dents traumatisées et des dents adjacentes, antagonistes et successionnelles. Un suivi devra être fait jusqu'à éruption des dents permanentes.

Certificat établi à la demande de la mère/père/tuteur de l'enfant M/Mme ... au nom de l'enfant (nom de l'enfant) ... le ... (date) sur leur demande et remis en mains propres pour faire valoir ce que de droit.

Dr X...

Le (date)

Cachet (avec numéro RPPS) et signature

Figure 17 : Exemple d'un certificat médical initiale chez l'enfant lors d'un traumatisme dentaire

Le CMI est à remettre à l'intéressé en mains propres ou à son représentant légal. Un double du CMI et des examens complémentaires sont à conserver par le chirurgien-dentiste dans le dossier médical du patient (90,117,119).

En aucun cas ne devra être fait mention sur le CMI le plan de traitement ou des devis (90,117,119).

Enfin, il est important de souligner que la rédaction du CMI engage la responsabilité civile, disciplinaire et/ou pénale de son auteur (119).

→ Organiser le suivi post-urgence

Après un TAD, il est important d'organiser un suivi afin de prendre en charge le plus tôt possible le patient dans le cas de complication. Concernant les fractures amélo-dentaires avec ou sans exposition pulpaire, la littérature, et notamment les dernières recommandations de l'International Association of Dental Traumatology éditées en 2020, préconisent le suivi visible dans le tableau 6 (106). Un examen clinique et radiographique sera réalisé au cours de ces rendez-vous.

L'examen clinique permettra d'inspecter s'il y a une mobilité, un changement de teinte, une sensibilité au test de percussion ou de vitalité pulpaire de la dent. L'examen radiographique en revanche permettra d'objectiver s'il y a un début de résorption radiculaire, de lésion radioclaire péri-apicale ou si la guérison est en cours (122).

Fracture amélo-dentinaire SANS exposition pulpaire	Fracture amélo-dentinaire AVEC exposition pulpaire
<ul style="list-style-type: none"> ● Après 6-8 semaines ● Après 1 an 	<ul style="list-style-type: none"> ● Après 6-8 semaines ● Après 3 mois ● Après 6 mois ● Après 1 an
<p>S'il y a eu une association avec une luxation, une fracture radiculaire ou une suspicion d'association avec un une luxation, le régime de suivi de la luxation prévaut et doit être utilisé, engendrant de ce fait des suivis plus longs.</p>	

Tableau 6 : Tableau de recommandations concernant le suivi à réaliser en cas de fracture amélo-dentinaire avec et sans exposition pulpaire, d'après (106)

Il est important également que le représentant légal soit prévenu des complications possibles résultant de ce traumatisme, comme une tuméfaction, une dyschromie, ou des douleurs, et de consulter le chirurgien-dentiste (108).

C. Suivi à long terme et complications possibles à la suite de fracture amélo-dentinaire avec et sans exposition pulpaire sur l'incisive permanente immature

Chaque rendez-vous de suivi doit comprendre un interrogatoire du patient sur tout signe ou symptôme potentiel, ainsi que des examens cliniques et radiographiques et un test de sensibilité pulpaire (106).

Au cours de ces rendez-vous de suivi, certains signes cliniques seront perçus comme étant favorables. C'est le cas (106) :

- D'une dent asymptomatique ;
- D'une réponse positive au test de sensibilité pulpaire ;
- D'une restauration de qualité, non dégradé ;
- De la poursuite du développement radiculaire pour les dents immatures.

Alors que d'autres, en revanche, seront perçus comme étant défavorables, tels qu'une (106) :

- Dent symptomatique ;
- Nécrose et infection de la pulpe ;
- Parodontite apicale ;
- Absence de développement ultérieur des racines dans les dents immatures ;
- Perte de la restauration ;
- Rupture de la restauration.

Les principales complications sont de trois ordres : restauratrice et esthétique, pulpaire et parodontale (106,122).

Les complications restauratrices et esthétiques comprennent :

- Les pertes de la restauration ;
- Les dyschromies.

Les complications pulpaires comprennent :

- Les nécroses pulpaires et les infections ;
- Les oblitérations canalaires.

Les complications parodontales comprennent :

- Les différents types de résorptions ;
- Les pathologies de la gencive et de l'os marginal.

Une détection et une gestion précoce des complications améliorent le pronostic de la dent traumatisée (106,122).

Nous allons maintenant nous focaliser sur l'acte thérapeutique à prodiguer après avoir diagnostiqué ces complications.

1. Les complications restauratrices et esthétiques

→ La perte et esthétique de la restauration

Comme démontrée dans la figure 16, lors d'une fracture amélo-dentinaire si le fragment est retrouvé et est repositionnable, il sera recollé. Mais avec le temps il est possible de perdre la restauration ou que l'esthétique ne convienne plus au patient (en cas de dyschromie par exemple). Dans cette situation, des techniques de restauration esthétique directe ou indirecte peuvent être envisagées en respectant le gradient thérapeutique (figure 18) (123).

Concernant les restaurations indirectes de type chips, facette ou couronne périphérique, il conviendra d'attendre la fin de la croissance alvéolaire verticale, qui se situe aux alentours de 16-18 ans pour les filles et de 18-20 ans pour les garçons (90).

Préservation tissulaire :
Moins mutilant

Préservation tissulaire :
Plus mutilant

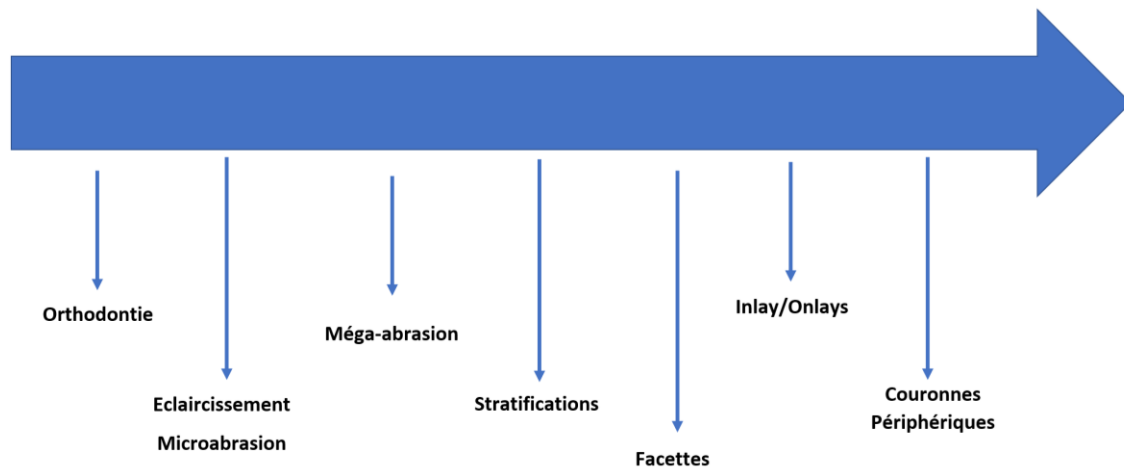


Figure 18 : Le gradient thérapeutique en odontologie restauratrice (123)

→ Les dyschromies

A la suite d'un traumatisme, les dyschromies dentaires sont une complication très fréquente. Elles peuvent survenir immédiatement à la suite du traumatisme ou de manière différée, plusieurs années à la suite du traumatisme (90).

Une coloration rosée traduit généralement une hémorragie pulpaire conséquence du choc. Elle peut être réversible, ainsi la dent conserve sa vitalité et un retour à la coloration d'origine de la dent s'opère. En revanche, la coloration rosée peut aussi laisser la place à une coloration plus grisâtre pouvant résulter soit de la fixation d'ion ferrique, produit de dégradation de l'hémoglobine qui se fixe à la dentine, soit traduisant une nécrose pulpaire (90,124).

Par ailleurs, les oblitérations pulpaires peuvent être à l'origine de dyschromies de la couronne dentaire en une teinte un peu jaunâtre. Cela est dû à un dépôt excessif de dentine affectant les propriétés de transmission de la lumière de la dent, et entraînant une opacité et une saturation progressive de la couronne. En fonction des différentes études cliniques qui ont été menées, une coloration jaune est retrouvée dans 8,3 à 79% des situations (90,124).

Il existe d'autres étiologies iatrogènes survenant secondairement à un acte de la part du praticien (traitement endodontique incomplet ou utilisation de matériaux d'obturation chromogène) qui entraînent des dyschromies (90). La suppression de la cause devra être faite avant tout traitement de la dyschromie.

Afin de traiter ces dyschromies, des techniques d'éclaircissement peuvent être utilisées à l'âge adulte, soit interne au contact de la dentine de la chambre pulpaire si la dent est devitalisée, soit externe directement au contact de l'émail vestibulaire. Cependant, des limites existent avec ces techniques, notamment pour l'éclaircissement interne. En effet, l'intensité de l'éclaircissement interne sur la dent traumatisée ne peut être contrôlée et nécessite souvent un éclaircissement externe en ambulatoire à l'aide de gouttière des dents adjacentes. Ainsi, les atteintes tissulaires sur la dent traumatisée entraînent fréquemment une altération des propriétés optiques différentes des dents non traumatisées créant des différences visible (90).

En seconde intention et à l'âge adulte, pour traiter les dyschromies, des techniques plus mutilantes comme les facettes ou les couronnes peuvent être envisagées.

2. Les complications pulpaires

→ La nécrose pulpaire et les infections

L'une des complications à la suite d'un TAD est la nécrose de la pulpe. Elle peut s'objectiver par une coloration grise de la couronne de la dent, une réponse négative aux tests de sensibilité pulpaire ou une lésion péri-apicale (122). Dans cette situation, le chirurgien-dentiste n'a d'autre choix que d'effectuer le traitement endodontique de la dent concernée. En cas d'épisode infectieux (type abcès péri-apical), des antibiotiques pourront être prescrits.

La difficulté réside cependant sur l'immaturation apicale de la dent traumatisée (finesse des parois dentinaires radiculaires et ouverture de l'apex). L'absence de butée apicale contre laquelle le matériau d'obturation radiculaires peut être condensé rend ainsi difficile le traitement endodontique avec une obturation conventionnelle (125).

En 1997, Sheehy et Roberts, à travers une revue de la littérature sont arrivés à la conclusion que l'utilisation d'hydroxyde de calcium pour former une barrière apicale avait 74 à 100% de chance de réussite, et que la durée moyenne pour arriver à la formation de cette barrière était de 5 à 20 mois (126).

Cependant, dans une revue de la littérature plus récente menée par Duggal *et al.* en 2017, trois techniques furent étudiées : l'apexification par une ou plusieurs applications d'hydroxyde de calcium, l'utilisation d'agrégats de trioxyde minéral (MTA[®]) pour la création d'un bouchon apical suivi de l'obturation du canal radiculaire, et enfin une technique endodontique régénérative (TER). La conclusion est que l'hydroxyde de calcium utilisé sur le long terme n'est plus préconisé et que les traitements par bouchons de MTA[®] sont à privilégier sur les dents immatures. Concernant les techniques endodontiques régénératives, elles manquent pour le moment de preuves et de recul cliniques suffisants, et nécessiteraient d'être plus étudiées (125).

→ L'oblitération canalaire

L'oblitération canalaire est une conséquence pulpaire due à une dégénérescence calcique qui peut résulter à la suite d'un TAD. Il s'agit d'un mécanisme de défense de la pulpe qui s'apprécie radiographiquement par un rétrécissement rapide du canal pulpaire ; et cliniquement par une dyschromie jaune de la couronne et une faible réponse, voire une absence de réponse, au test de sensibilité pulpaire. On peut remarquer que l'oblitération canalaire ne conduit pas à une oblitération complète, et qu'un espace canalaire étroit persiste toujours sur le plan histologique (124).

Il arrive parfois que des complications surviennent à la suite de ces oblitérations pulpaires comme une nécrose pulpaire et/ou une lésion péri-apicale. Cependant, ces complications surviennent très rarement. En effet, 3,8 à 24% des dents traumatisées développent une dégénérescence calcique ; un traitement endodontique prophylactique n'est donc pas recommandé (124,127,128). De plus, parmi ces dents traumatisées développant une oblitération canalaire, seules 1 à 16% présentent une nécrose pulpaire. En revanche, en cas de complication, le traitement endodontique est plus complexe, et la difficulté majeure est de trouver le canal au sein de ce tissu minéralisé. L'utilisation d'aide optique sera nécessaire (127,129).

3. Les complications parodontales

→ Les résorptions

L'American Association of Endodontist (AAE) a défini les résorptions comme étant un "état associé à un processus physiologique ou pathologique provoquant une perte de tissu dentaire, cémentaire ou osseuse" (130).

Lors de traumatismes alvéolo-dentaires, des résorptions pathologiques peuvent survenir. Une distinction sera faite entre les résorptions internes et externes, et sont fonction du point de départ du processus pathologique (106,122,131).

❖ Les résorptions internes

Les résorptions internes ont pour origine une réaction de la pulpe et se développent au sein de la cavité pulpaire. Il est observé des résorptions internes inflammatoires et les résorptions internes de remplacement (122,131).

Dans cette première situation, l'inflammation pulpaire chronique va entraîner une destruction de la dentine par des odontoclastes. La dentine sera remplacée par du tissu de granulation. Tant que la résorption n'a pas perforé la paroi radiculaire, la dent est asymptomatique. La guérison sera obtenue en réalisant le traitement endodontique précédé plus ou moins par une phase de médication intracanalair à l'aide d'hydroxyde de calcium (122,131).

En revanche, en cas de perforation, une teinte rose peut apparaître sur la couronne dentaire (pink spot). Dans cette situation, le traitement endodontique devra être associé à un débridement chirurgical avec soit une restauration au composite ou au CVIMAR pour une résorption supra-crestale, soit une obturation à l'aide de MTA[®] (122,131).

Les résorptions internes de remplacement correspondent à la destruction du tissu dentinaire remplacé par un tissu minéralisé de composition proche de celle du ciment ou de l'os. Le traitement endodontique de la dent doit être effectué pour stopper le processus (122,131).

❖ Les résorptions externes

Elles concernent la surface externe de la racine et sont de trois types : de surface, inflammatoire, et de remplacement. Elles surviennent lorsque, sur des fractures amélo-dentaires avec ou sans exposition pulpaire sont associées à des atteintes du desmodonte (122,131).

Les résorptions de surface sont dues à une inflammation localisée après perte localisée d'une couche cémentaire durant le traumatisme. Il s'ensuit une apposition de tissu cémentaire. Dans cette situation, la thérapeutique à envisager est l'abstention thérapeutique car la résorption n'est pas évolutive. Une surveillance devra tout de même être instaurée (122,131).

Dans le cas d'un traumatisme radiculaire étendu (supérieur à 20% de la surface radiculaire), une compétition entre les cellules fibroblastiques et osseuses va avoir lieu afin de recoloniser la surface radiculaire dépourvue de ciment. Les cellules osseuses étant plus rapides, il y aura formation de tissus osseux en contact de la dentine entraînant un point d'ankylose. Etant donné que le tissu osseux est en remodelage perpétuel, il va à terme remplacer tout le tissu dentaire. A ce jour, il n'existe pas de traitement pour stopper cette évolution (122,131). De ce fait, des

techniques telles que “l’extraction précoce de la dent, l’extraction associée à une greffe osseuse, la fermeture des espaces, l’auto-transplantation ou la décoronation” peuvent être envisagées (132).

Enfin, pour des résorptions externes inflammatoires, l’étiologie peut être de plusieurs types mais nous nous concentrerons sur les causes traumatiques (122,131).

Lors du traumatisme, les vaisseaux sanguins alimentant la dent traumatisée peuvent être sectionnés et entraîner par conséquent la nécrose de la dent. Les produits issus de la nécrose pulpaire vont se positionner dans les lacunes de résorption de dentine et de ciment, et ainsi alimenter le processus de résorption (122,131).

Dans cette situation, le traitement endodontique devra être fait afin de stopper l’évolution de la résorption. Une étape préalable en utilisant une médication intra-canaire avec de l’hydroxyde de calcium permettra d’avoir un meilleur pronostic (122,131).

L’organigramme présent dans la figure 19 permet de caractériser les différents types de résorption possibles et de proposer la thérapeutique associée.

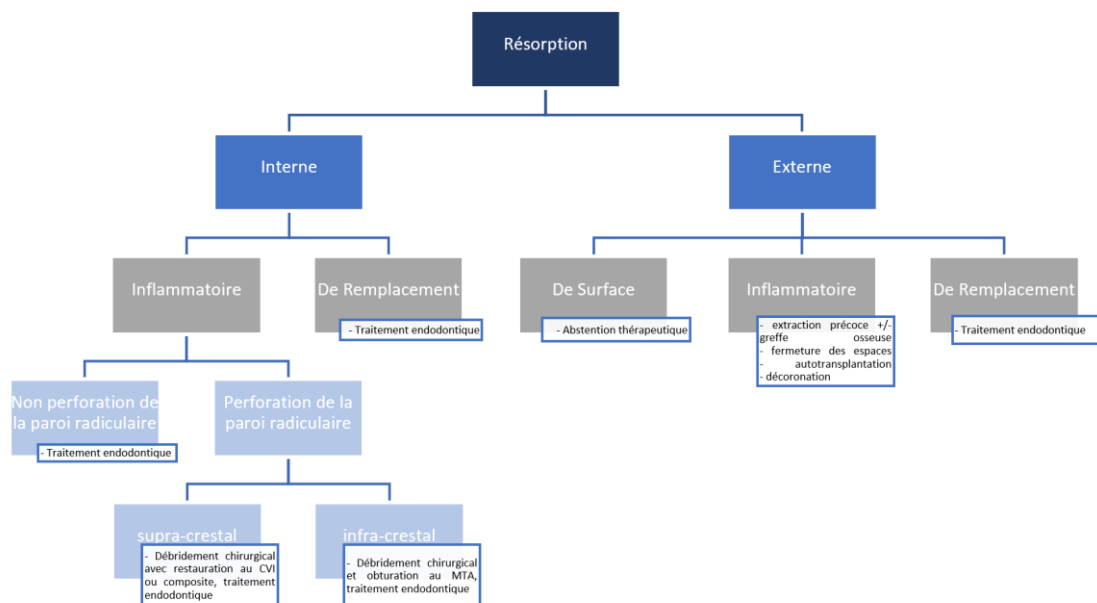


Figure 19 : Organigramme récapitulatif des différents types de résorptions possible survenant à la suite d’un TAD et sa thérapeutique associée

→ Les dégradations de la gencive et de l’os marginal

A la suite d’un traumatisme peut survenir une perte de l’os crestal autour de la dent traumatisée, et une résorption peut se produire dans le cadre du processus de réparation. Parfois, cela entraîne une perte permanente de l’os de soutien de la dent et de l’attache gingivale. Toutefois, la perte osseuse peut être transitoire, car le parodonte peut se rétablir en formant un nouveau tissu osseux alvéolaire et un nouveau desmodonte sur une période de 2 à 3 mois (133).

La gestion des TAD va dépendre du type de traumatisme subi. Le suivi sur le long terme, et les complications possibles, sont autant de critères qui font la complexité de cette prise en charge. Ainsi, au vu de ces différents éléments, il nous apparaît intéressant d'axer notre travail autour de la réflexion et la création d'un outil pédagogique innovant et virtuel, en d'autres termes, d'un scénario de serious game. Celui-ci aura pour thématique la prise en charge de cette catégorie de traumatisme, afin de proposer aux étudiants un complément de formation nécessaire à la bonne gestion de ces situations cliniques.

IV. Cahier des charges du serious game “Dental Trauma Game”, dans le cadre de la gestion de traumatisme sur les dents permanentes immatures

A. La population cible

Ce serious game a vocation à être utilisé par un public d'étudiants en odontologie, français, en formation initiale et plus précisément lors de leur externat.

Comme il a été vu précédemment, les étudiants et praticiens rencontrent de nombreuses difficultés dans la prise en charge des TAD avec des réponses de soins souvent très hétérogènes. C'est pourquoi la population étudiante, futurs praticiens, a été prioritairement ciblée, afin de mieux les accompagner dans leurs apprentissages pour qu'ils deviennent compétents à prendre en soin les différents types de TAD qui se présenteront à eux au cours de leur exercice.

De plus, de nos jours, les étudiants actuellement en odontologie en 2021 sont des étudiants appartenant à la génération Z (134). Cette population, ayant grandi avec le numérique, est une génération ultra-connectée qui ne se reconnaît pas dans l'approche pédagogique traditionnelle et favorise l'observation et l'expérimentation dans l'apprentissage (135). De là vient tout l'intérêt d'utiliser un outil pédagogique tel que les serious games, qui proposent plus d'interactions, d'immersions et qui intègrent des outils numériques.

D'un point de vue de la courbe d'apprentissage, il a été choisi de cibler les étudiants cliniciens (à partir de la quatrième année d'étude), afin qu'ils aient déjà une base de connaissances sur le sujet, acquises durant le Diplôme de Formation Générale des Sciences Odontologiques (DFGSO).

B. Les objectifs à atteindre

Il est tout d'abord essentiel de faire une distinction entre les objectifs du serious game et les compétences que doivent acquérir les utilisateurs par le biais de l'utilisation de ce serious game.

En premier lieu, si nous devons nous demander “Pourquoi créer ce serious game ? Et quel est, quels sont, les objectifs visés avec la conception et l'utilisation de cet outil ?” il pourrait être repris, entre autres, certains avantages généraux de la simulation cités dans le tableau 2 et en rajouter des plus spécifiques à notre domaine d'étude :

- Acquérir des compétences afin de réussir à prendre en charge les traumatismes alvéolo-dentaires sur les dents permanentes immatures touchant le secteur antérieur et dans le cas de fracture amélo-dentinaire avec ou sans exposition pulpaire ;
- Créer un environnement virtuel, représentatif de la réalité ;
- Permettre à l'étudiant de se former dans un environnement sécurisé, sans risque pour le patient, où l'erreur est permise ;
- Évoluer à son propre rythme ;
- Avoir la possibilité de s'entraîner à faire face à des situations rares dans la pratique de tous les jours ;
- Susciter de l'intérêt chez l'étudiant pour apprendre avec des nouveaux outils de formation et proposer une alternative aux cours magistraux ;
- Permettre à l'étudiant de se sentir motivé par l'aspect ludique utilisé dans le serious game.

En parallèle et à travers ce projet, il est également souhaité de répondre à différents objectifs auxquels doit satisfaire l'enseignement en vue de l'obtention du diplôme d'état de Docteur en Chirurgie Dentaire.

Édité par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI), le bulletin officiel n°20 du 16 mai 2013 décrit le régime des études en vue de l'obtention du diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire (136). Dans l'article 5, chapitre I, titre I du présent bulletin officiel (136) il est fait mention que l'enseignement comprend un "tronc commun permettant l'acquisition de compétences et de connaissances pour :

- Communiquer avec le patient, son entourage et les autres professionnels du système de santé ;
- Dépister, prévenir, assurer et maintenir la santé bucco-dentaire ;
- Établir un diagnostic ;
- Concevoir une proposition thérapeutique ;
- Réaliser et coordonner les soins adaptés ;
- Assurer les gestes de première urgence ;
- Appréhender les objectifs de santé publique ;
- Appliquer les règles juridiques, déontologiques et éthiques en rapport avec le futur exercice professionnel ;
- Fonder sa pratique professionnelle sur des bases scientifiques."

Les objectifs concernant les compétences à acquérir par le biais de notre serious game doivent donc faire écho aux objectifs généraux de l'enseignement de l'odontologie en France.

Dans un article publié en 2018 dans l'Information Dentaire, Jacques Dejou illustre à travers un organigramme, les six compétences professionnelles à acquérir lors du parcours de formation initiale en odontologie (figure 20) (137).



Figure 20 : Organigramme représentant les six compétences que l'odontologiste doit acquérir en formation initiale (137)

Bien évidemment les compétences s'acquièrent de manière progressive et sont à échelonner tout au long du cursus universitaire (137).

C. Les composantes du serious game : Dental Trauma Game

A l'instar des jeux vidéo, les serious games sont l'assemblage de trois composantes à savoir le fond, la forme et la mécanique (aussi appelé gameplay) et soutenu par une dramaturgie, autrement dit un scénario, une histoire (figure 21) (138).

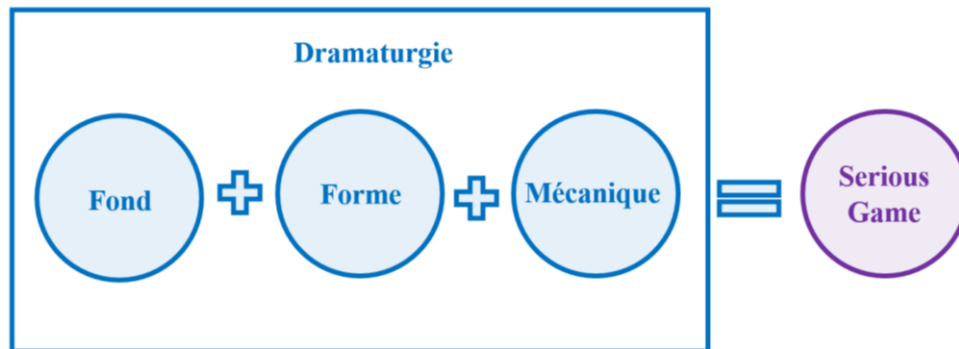


Figure 21 : Composante d'un serious game type (138)

1. Principe du jeu et dramaturgie

Le jeu consiste à incarner un étudiant en odontologie durant son stage d'externat de trois ans au centre de soin et durant ses vacances d'odontologie pédiatrique. L'objectif du jeu étant de réussir la prise en charge des patients afin de valider des compétences et passer à l'année supérieure. La validation des trois années conduit à l'obtention du diplôme de chirurgien-dentiste et à la cérémonie de remise des diplômes. Il s'agit donc de transposer la réalité dans le jeu.

Il existe communément cinq grands types de jeux : aventure, stratégie, simulation, action et réflexion (138). Le serious game imaginé concorde au type de jeu "aventure" qui sont des jeux à la première personne. Le principe de jeu vise à la résolution de situations plus ou moins complexes. En effet, durant ce stage, le personnage incarné par l'étudiant devra prendre en soin différents patients ayant subi un TAD. Diverses situations pourront s'offrir à lui, telles que la gestion d'urgence, le suivi post-urgence, le refus de soin de la part du patient, la gestion de la relation au patient, etc.

L'intérêt d'utiliser une vue à la première personne, aussi appelée vue subjective dans les jeux vidéo, est de créer un meilleur sentiment d'immersion de la part du joueur. Les émotions, les réactions qu'aura le joueur dans le jeu pourront s'apparenter à celles qu'il a dans la vraie vie.

Dans ce serious game, le personnage héros qu'incarne l'étudiant sera épaulé par un praticien expérimenté en odontologie pédiatrique, appelé Docteur Tad. C'est ce personnage adjuvant, qui donnera des missions à l'étudiant et qui l'aidera au cours de ses quêtes.

Le personnage héros sera amené également à interagir avec des personnages secondaires, tels que les agents administratifs, les secrétaires, d'autres étudiants, les aides-dentaires, l'équipe d'odontologie pédiatrique et d'autres services entre autres. Il sera retrouvé par exemple l'archétype de l'ami qu'il faudra aider ou qui viendra nous aider dans le jeu.

2. Le fond

Le fond correspond à l'ensemble du contenu pédagogique qui apparaît dans le serious game et à plus grande échelle au sein de cette simulation.

Comme vu précédemment, un programme de simulation se compose de plusieurs parties et ne se limite pas au seul passage sur le simulateur. Il serait intéressant d'inclure toutes ces parties dans le serious game.

Au fur et à mesure que les années s'écoulent dans le jeu, le degré de compétence et d'exigence attendu dans le jeu sera croissante et fera écho au niveau attendu de l'étudiant dans la vie réelle. Chaque année correspondra à un programme de formation divisé en plusieurs séances de simulation et qui pourront s'apparenter à des scènes de jeu. Les programmes de formation seront pensés de manière connexe les unes des autres.

En reprenant cette idée, et en mettant en parallèle la construction d'un programme de simulation avec la dramaturgie du serious game, il apparaît que :

- Le briefing s'apparente à l'introduction/préambule fait au début du serious game et visant à expliquer :
 - ❖ Les objectifs pédagogiques généraux attendus dans le programme de simulation
 - ❖ Le fonctionnement de cet outil pédagogique
 - ❖ Le prélude de l'histoire en vue d'immerger l'utilisateur dans l'univers du serious game choisi.
- Le pré-briefing pourra prendre la forme d'un discours fait par le protagoniste adjurant (ex : le Docteur Tad) en vue d'expliquer la situation clinique et les objectifs spécifiques attendus en amont de chaque séance de simulation à l'apprenant.
- La pratique simulée correspond à toutes les situations de prise en charge d'un patient dans le cadre d'un traumatisme sur les dents permanentes immatures, qu'il s'agisse de la situation d'urgence ou des consultations de suivi ainsi que toutes situations annexes aux soins et à la prise en charge.

Lors de la pratique simulée, il serait intéressant d'envisager des réactions et interactions de la part des personnages secondaires afin de faire écho à l'aide que pourrait apporter le formateur dans le cadre d'une simulation réelle. Les réactions pourront être visibles à travers six humeurs principales : la joie, la colère, la peur, la tristesse, la surprise ou le dégoût. En outre, l'interaction du personnage secondaire pourra être soit spontanée, si les choix que fait l'apprenant dans le serious game sont considérés comme dangereux ou non appropriés et conduisent à une erreur grave ; ou au contraire pourra se faire à la demande de l'apprenant lorsque celui-ci requiert de l'aide.
- Débriefing et feedback : à la fin de chaque pratique simulée, le Docteur Tad prendra la parole afin de présenter les résultats de la pratique de simulation sous la forme d'un tableau de score. Il pourra encourager la relecture de certaines parties de cours et délivrera des fiches de synthèse de cours qui apparaîtront dans le cahier de bord du héros.

La création d'un chat pourra permettre une interaction des apprenants entre eux ou avec l'équipe pédagogique en cas de questions spécifiques auxquelles le Docteur Tad n'aura pas été programmé à répondre.

- La conclusion de séance peut être envisagée à la fin d'une scène du jeu. Le Docteur Tad peut présenter des résultats montrant les points acquis et à améliorer après cette séance. En fonction des résultats obtenus par l'apprenant, il pourra être envisagé soit d'avancer dans la progression du scénario, soit de rejouer la séance de simulation mais en utilisant un autre cas clinique.

Il est important également que l'acquisition des compétences se fasse de manière progressive en passant par différents paliers. Ainsi, à titre d'exemple, pour la compétence "établir un projet thérapeutique", un composant de cette compétence pourrait être "établir un constat médico-légal permettant d'attester le préjudice subi par la victime". Ce composant de compétence pourrait être évalué de manière progressive de la manière suivante :

- Niveau 1 : penser à établir un CMI
- Niveau 2 : savoir ce qu'il est nécessaire de mentionner dans un CMI
- Niveau 3 : rédiger le CMI et informer le patient de la démarche à suivre

3. La forme

Dans son livre "Concevoir un serious game pour un dispositif de formation", Béatrice Lhuillier définit la forme d'un serious game comme étant "un ensemble d'éléments graphiques et sonores, souvent appelé « look and feel », [qui] donne la tonalité de l'univers créé et [qui] contribue à générer une atmosphère, une ambiance." (138)

L'environnement sonore est intéressant pour participer à l'ambiance qui se dégage du serious game et participera à l'immersion du joueur en reproduisant : des bruitages inhérents à l'utilisation des instruments en odontologie, les pleurs des enfants, la voix et l'intonation des personnages, les effets sonores, etc.

Afin de se rapprocher du souhait d'immerger l'étudiant dans le serious game, il faudra privilégier un style graphique qui se rapproche de la réalité du terrain, à savoir le centre de soin. L'utilisation d'un jeu en trois dimensions (3D) pourrait être intéressant, mais pas non plus indispensable.

La figure 22 a été réalisée à l'aide du logiciel en ligne Dental Space Planer, développé par la société Henry Schein®. Il s'agit d'un plan reproduisant l'environnement principal du serious game : le centre de soin sous forme de plan 2D. Dans ce plan ont été représentés :

- Les zones de soins d'urgence et d'odontologie pédiatrique ;
- Les zones de staff ;
- L'accueil ;
- Le secrétariat ;
- La salle de stérilisation ;
- La salle de laboratoire ;
- Les salles de pauses pour l'équipe ;
- Les salles d'attente ;
- Le vestiaire ;
- Les lieux de restauration ;
- Les sanitaires.

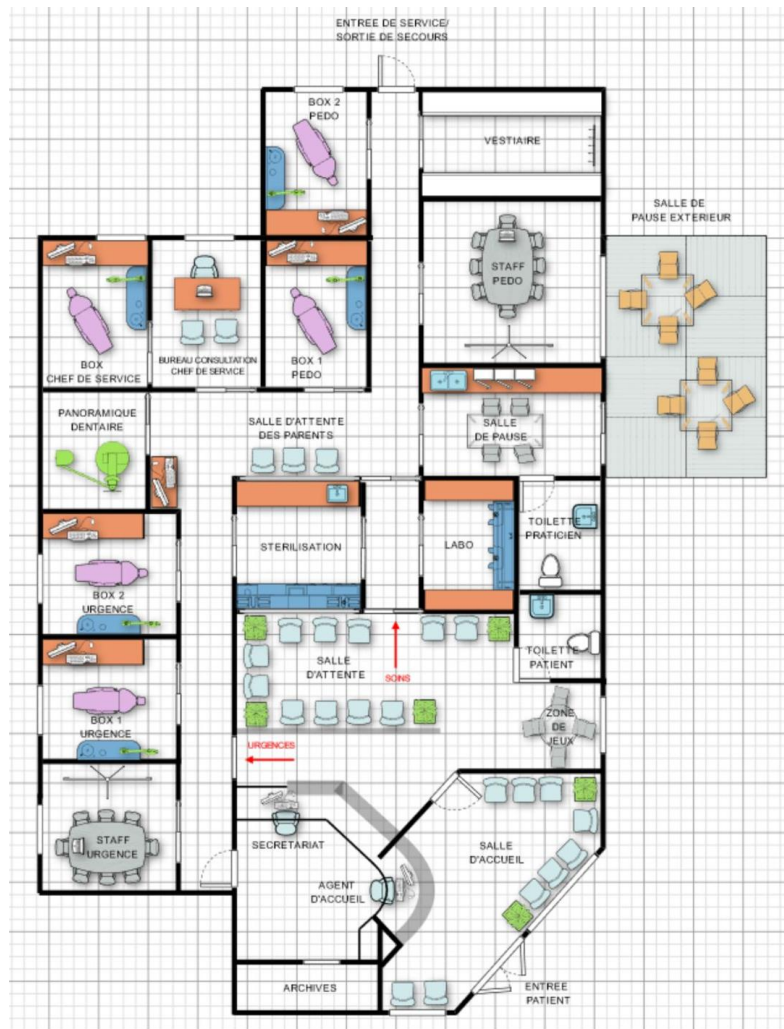


Figure 22 : Plan du décor du serious game réalisé à l'aide du logiciel en ligne Dental Space Planer

D'autres lieux pourront également être pensés et ajoutés en fonction du scénario final du serious game.

De plus, il a été conçu ci-dessous un exemple d'interface de serious game conçu à l'aide du logiciel Affinity Designer. L'image de fond provient de ressources issues du site internet Freepik.com.

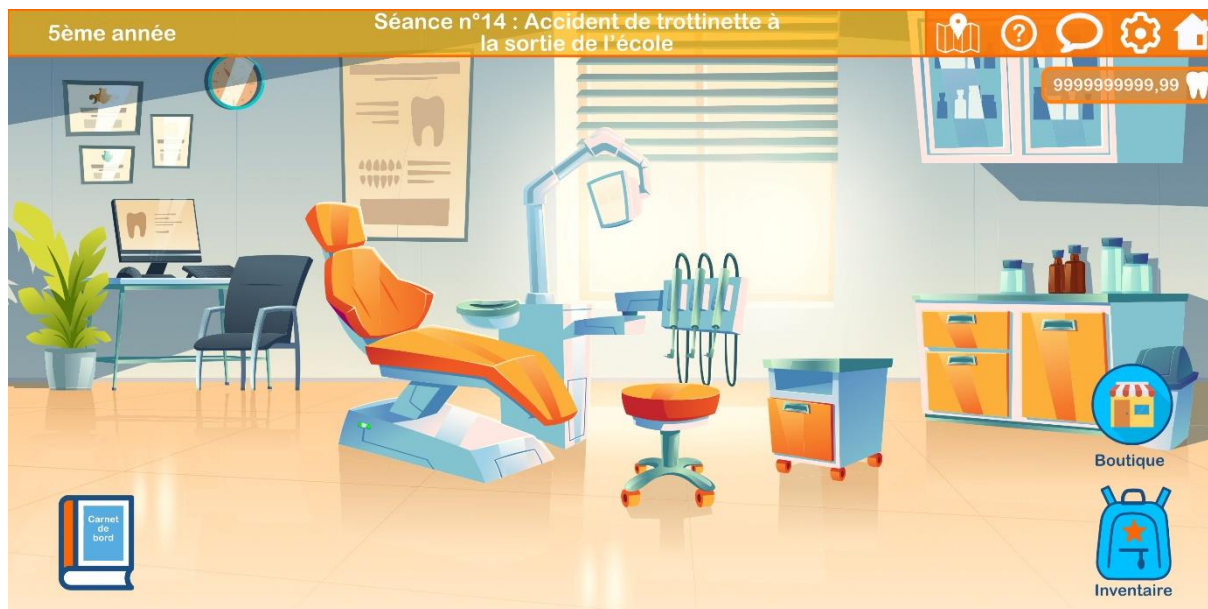


Figure 23 : Exemple d’interface graphique du serious game

Comme illustré dans la figure 23, un bandeau supérieur permet d’accéder aux informations concernant le niveau atteint par l’étudiant, à savoir son année d’étude ainsi que le numéro et nom de la séance de simulation. Ces renseignements permettent à l’équipe pédagogique de connaître rapidement l’avancée dans le serious game de l’étudiant et facilite aussi la communication en cas de questions sur un niveau.

Dans le coin supérieur droit ont été regroupés les boutons de fonction :

- La carte : permettant au joueur de se déplacer rapidement dans le serious game ;
- Le bouton “d’aide” : permettant au joueur de demander de l’aide au protagoniste adjuvant ;
- Le bouton “messagerie” : permettant de communiquer avec l’équipe enseignante pour une question précise ;
- Le bouton “paramètres” : permettant au joueur de régler le son, le volume, de sauvegarder la partie, etc ;
- Le bouton “accueil” : permettant au joueur de revenir au menu principal et de quitter le serious game.

Trois autres boutons sont également présents sur ce visuel : le carnet de bord, le sac à dos inventaire et la boutique.

Le carnet de bord (figure 24) permettra au joueur d’estimer sa progression dans le serious game mais également de revoir certaines fiches techniques acquises au cours du jeu. Il y aura donc différents onglets tels que :

- Fiches techniques : à la fin de chaque simulation, une fiche technique pourra lui être remise en récompense.
- Historique de simulation : le joueur pourra revoir les cas cliniques issus des précédentes simulations, c'est-à-dire des précédentes scènes de jeu.
- Badges de récompense : des badges de récompenses pourront être délivrés au joueur en fonction de sa progression et participeront à alimenter sa motivation à jouer au serious game.
- Statistiques de progression : il s’agira de la page maîtresse où le joueur pourra voir sa progression dans son apprentissage, ses points forts et ses points faibles, ainsi que sa jauge de relation avec les différents protagonistes du serious game.

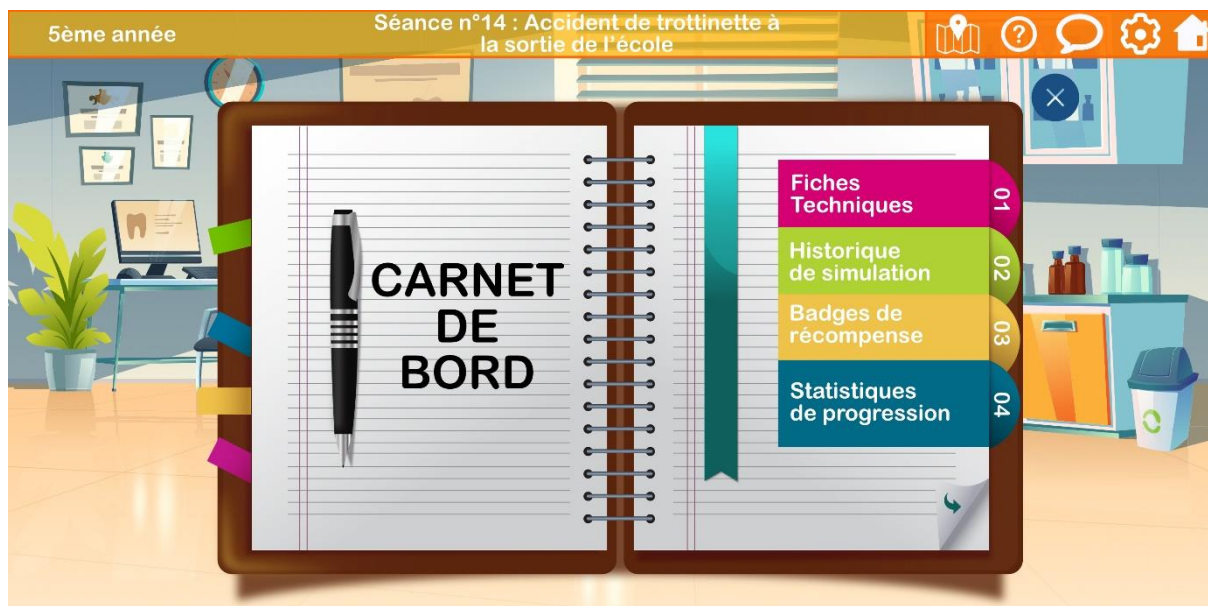


Figure 24 : Aperçu de l’interface “cahier de bord” du serious game

Le tableau suivant permet de répertorier des fiches techniques qu’il serait intéressant à réaliser afin de les donner en récompense au joueur en fin de simulation. L’acquisition de ces fiches techniques est fonction du contenu de la simulation effectuée et du niveau atteint par le joueur.

Année d’étude	Intitulé de la fiche technique
DFASO1	<ul style="list-style-type: none"> • Recueillir l’anamnèse du patient • Conduire l’examen clinique extra-oral • Conduire l’examen clinique intra-oral • Choisir son examen complémentaire • Protocole d’utilisation de l’angulateur radiographique • Protocole d’anesthésie • Protocole de restauration par collage de résine composite • Protocole d’utilisation du WaveOne® Gold
DFASO2	<ul style="list-style-type: none"> • Rédiger le CMI • Protocole de réalisation du coiffage pulpaire direct • Quels outils pour gérer l’anxiété du patient ? • Protocole de reconstitution esthétique directe d’une incisive à l’aide d’une clé en silicone
DFTCC	<ul style="list-style-type: none"> • Préparer son matériel en vue d’une sédation consciente sous MEOPA • Protocole de réalisation d’une apexification à l’aide de MTA • Protocole du blanchiment interne • Diagnostiquer et prendre en charge les résorptions internes et externes

Tableau 7 : Exemple de fiche technique à réaliser en fonction de l’année d’étude de l’apprenant

Le sac à dos inventaire (figure 25) regroupe l'ensemble des objets trouvés par le joueur et en détaille les propriétés, les indications/contre-indications et protocoles d'utilisation entre autres. La figure 25 constitue un exemple de ce sac à dos. En effet, elle contient les indications et protocole d'utilisation du GC FUJI® II LC CAPSULE, issus de la notice d'utilisation du fabricant (139).

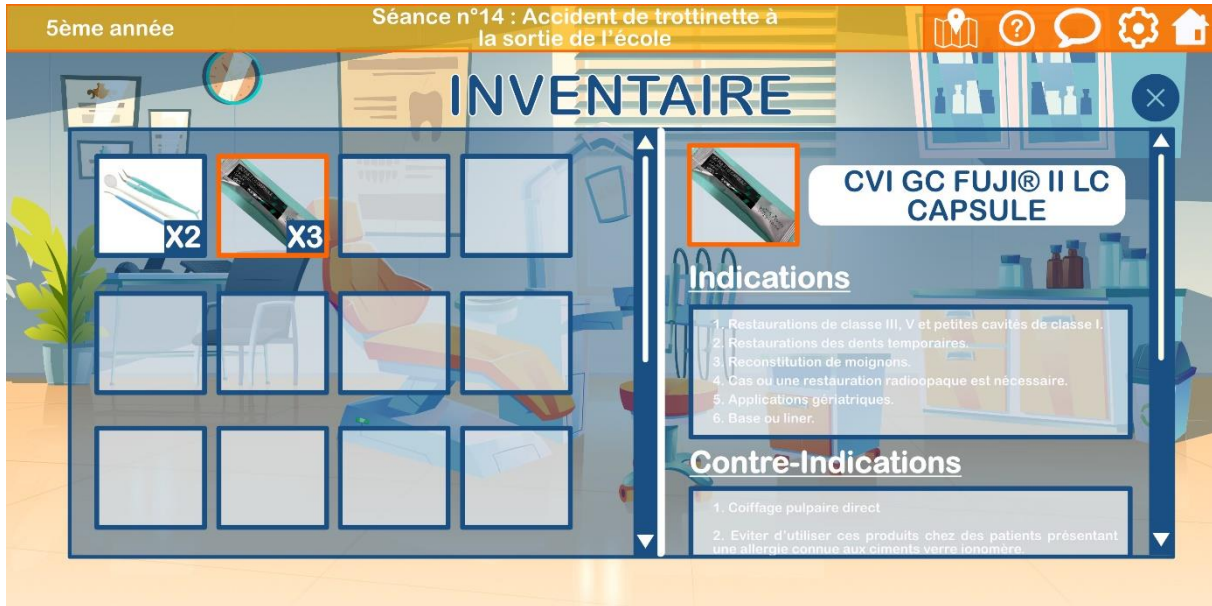


Figure 25 : Aperçu de l'interface “inventaire” du serious game

Lors de ses différentes missions/quêtes, il pourra être amené à utiliser les objets stockés dans son inventaire. Et comme il sera vu plus loin dans la partie intitulé « Mécanique du jeu », certains objets seront un pré-requis nécessaire avant de pouvoir début la simulation.

Par exemple dans le cas d'une simulation ayant pour thème la gestion en urgence d'une fracture amélo-dentinaire sans exposition pulpaire, il pourra apparaître à l'écran du joueur un type d'interface comme celui visible à travers la figure 26. Nous retrouvons d'une part des objets servant à l'examen clinique comme le kit de sémiologie ou encore les capteurs radiographiques. Et d'autre part des objets servant à la réalisation de l'acte de soin lui-même comme du composite dentaire, un masque pour le MEOPA, du ciment verre-ionomère, ou encore une capsule de biodentine™. A première vue, tous les objets ne seront pas à utiliser dans le cadre de ce scénario de simulation comme c'est le cas de la biodentine™ qui est plutôt utilisé en cas d'exposition pulpaire (figure 16). De plus, l'utilisation de certains objets plutôt que d'autre (exemple : composite versus cvi) sera fonction du choix que fera le joueur dans la prise en charge du patient durant la simulation.



Figure 26 : Aperçu de l'interface avant de commencer une simulation

Les figures 24, 25 et 26 ont été réalisées à l'aide du logiciel Affinity Designer. L'image de fond et le carnet de bord proviennent de ressources issues et modifiées du site internet Freepik.com.

Enfin la boutique sera un endroit où il sera possible au joueur d'acheter des tenues pour son avatar, des objets pour personnaliser le centre de soins, ainsi que des objets utiles pour commencer une simulation.

4. La mécanique du jeu

La mécanique du jeu, autrement appelé le gameplay, est "l'ensemble des mécanismes et éléments servant à l'interaction : actions, contrôles, fonctionnement de l'interface, règles du jeu. Cela induit la jouabilité, la maniabilité et la difficulté" (138). Il définit donc comment le joueur va jouer et comment le jeu va réagir à ses actions.

Ci-dessous voici un aperçu des mécanismes de jeu pensés pour ce serious game :

→ Contrôle du jeu

Dans ce serious game, l'étudiant incarne son avatar et le jeu se joue sous forme subjective. Il pourra se déplacer librement à l'intérieur de l'environnement de jeu par le biais de quatre touches directionnelles (haut, bas, droite et gauche). Lors de ses déplacements, il pourra marcher, courir et interagir avec divers éléments contextuels comme des personnages ou des objets.

→ Règles du jeu

Dans le serious game, le joueur aura la possibilité soit de suivre le scénario principal soit de faire des quêtes annexes. Dans les deux cas, il sera possible de gagner des objets utilisables dans le scénario principal ou dans les quêtes annexes, d'augmenter la jauge de relation avec un personnage, de gagner des badges de récompense ou des objets.

Les deux zones de “staff pédo” et de “staff d’urgence” sont des lieux où il sera possible de faire des mini-jeux, des quizz, etc afin de gagner des objets nécessaires à la bonne prise en charge des patients. Chaque zone aura ses spécificités en matière de mini-jeux, de récompenses possibles, et de compétences à évaluer.

Avant de commencer une mission dans le scénario principal, un pré-requis en termes d’objets sera nécessaire avant de commencer. En effet, ces objets seront nécessaires pour réussir à prendre en charge le patient et seront à utiliser dans la simulation.

A la fin de chaque simulation, le joueur pourra gagner plus ou moins de récompenses en fonction du score obtenu lors de la simulation.

→ Interaction avec les éléments contextuels

Pour interagir avec un personnage, le joueur devra se rapprocher de celui-ci puis cliquer sur la bulle de dialogue qui apparaîtra au-dessus de la tête du personnage en question. Une boîte de dialogue apparaît alors. Le joueur pourra communiquer avec le personnage en faisant un choix parmi un maximum de trois réponses pré-définies. En fonction de ses choix de réponses, le joueur évolue différemment dans l’arborescence interactive du scénario.

Lorsqu’un personnage aura une mission à nous confier, celui-ci aura au-dessus de sa tête un point d’exclamation dans une bulle rouge.

Le joueur peut interagir avec certains objets en cliquant dessus et les stocker dans son inventaire. En cliquant sur le sac à dos “inventaire” en bas à droite, il peut connaître l’ensemble des objets à sa disposition et accéder à leur fiche technique.

→ La jauge de “relation”

En entretenant de bonnes relations avec les protagonistes, le joueur augmentera sa jauge de “relation”. Le niveau de cette jauge est compris entre -100 et +100. Un niveau élevé en “relation” avec un personnage permettra de faire appel à lui dans certaines situations du jeu, de lui demander de l’aide et de développer des quêtes annexes. A l’inverse une mauvaise relation aura l’effet inverse.

La jauge de “relation” variera en fonction :

- De la progression dans le jeu du joueur et de la réussite ou échec d’une séance de simulation ;
- De l’empathie dont fera preuve le joueur envers les personnages ;
- En fonction des réponses choisies lors des interactions de dialogue.

→ Les badges de récompense

Au fur et à mesure de l’évolution dans le jeu, le joueur pourra acquérir des badges de récompense visibles dans le carnet de bord. Il existe plusieurs types de badges qui pourront s’acquérir de différentes manières comme :

- Avoir pris en charge X urgences en odontologie pédiatrique ;
- Avoir inventorié X objets textuels dans l’inventaire ;
- Avoir assuré le suivi de X traumatismes chez l’enfant ;
- Avoir atteint la jauge de relation de X avec le personnage Y ;
- etc.

→ La monnaie du jeu : les dentos

Les dentos constituent la monnaie dans le serious game. Les dentos seront gagnables lors des mini-jeux et à la fin des simulations en récompense. Ils permettent de se rendre dans la boutique afin d'acheter :

- Des objets utilisables dans les simulations
- Des tenues pour personnaliser son avatar
- D'acheter des objets pour personnaliser ses salles de soins

D. L'évaluation

“Everybody is a genius. But if you judge a fish by its ability to climb a tree, it will live its whole life believing that it is stupid.”
Albert Einstein, physicien théoricien

Comme nous avons pu le voir précédemment, l'évaluation à la suite d'une simulation est importante. Il existe deux types d'évaluation : l'évaluation des apprenants et l'évaluation du système de simulation (138).

1. Evaluation du serious game

A la fin de chaque programme de formation, il sera demandé aux joueurs de répondre à une enquête afin d'évaluer le serious game à la fois sur le contenu pédagogique, sur le gameplay, la forme et la dramaturgie.

Les renseignements concernant l'identité de l'étudiant ne seront pas demandés à l'étudiant car elles seront récoltées automatiquement au moment de la connexion de celui-ci au serious game. Les réponses à cette enquête permettront d'adapter le serious game et de le faire évoluer au besoin lors de mises à jour.

En annexe 1, il sera retrouvé le questionnaire relatif à l'évaluation du serious game par les apprenants.

2. Evaluation de la progression des apprenants

Pour pouvoir évaluer la progression de l'apprenant, nous nous sommes basés sur le diagramme publié par Jacque Dejou concernant les six compétences que doivent acquérir le chirurgien-dentiste au cours de leur formation (137) :

- Pratiquer la démarche diagnostique
- Etablir un projet prothétique
- Mettre en œuvre la thérapeutique
- Gérer la relation au patient
- Agir en acteur de santé responsable
- Développer des aptitudes cognitives en médecine bucco-dentaire

A la fin de chaque séance de simulation, un diagramme de Kiviat reprenant ces six compétences apparaît. Il est associé à un score de simulation, à une échelle d'évaluation avec des sourires et à un tableau de synthèse de la séance reprenant point par point ce qui aura été réussi ou non lors de la séance de simulation.

L'intérêt du diagramme de Kiviat est qu'il permettra un aperçu rapide des points forts et faibles de l'étudiant.

Le tableau de synthèse permettra de détailler le niveau d'acquisition de l'étudiant par rapport à chaque composant de compétence évalué au cours de cette simulation. Il pourra avoir une vision très précise de ce qu'il devra améliorer dans la suite du serious game et a fortiori dans la vie de tous les jours avec ses patients.

Enfin, le score et l'échelle d'évaluation avec des sourires (figure 27) peut avoir une influence sur la motivation des joueurs en les poussant à se surpasser et à faire mieux lors de la séance de simulation suivante.



Figure 27 : Échelle d'évaluation des sourires associée au score de réussite de la séance de simulation

La figure 28 ci-dessous a été réalisée à l'aide du logiciel Affinity Designer et l'image de fond provient de ressources issues du site internet Freepik.com.

La figure suivante a pour objectif de proposer un aperçu de l'écran d'ordinateur de l'étudiant à la fin de sa séance de simulation et lors de la présentation des résultats.

Dans l'exemple suivant, la simulation proposée aux étudiants de DFASO2 a pour thème la fracture amélo-dentinaire sans exposition pulpaire. Il est important de souligner que les composants de compétences visibles dans la figure suivante sont des propositions issues de l'article de Jacques Dejou (137) et présentées ici à des fins didactiques afin d'illustrer nos propos. Bien évidemment, une réflexion plus précise pour chaque composant de compétence à acquérir dans le cadre de la simulation proposée devra être menée si Dental Trauma Game venait à être développé.



Figure 28 : Aperçus de l'écran à la fin d'une séance de simulation pour présenter les résultats

L'équipe pédagogique, tout comme l'étudiant, pourra avoir accès aux résultats de simulation. Cela permettra durant les cours magistraux ou les enseignements dirigés de cibler les points non ou mal maîtrisés par une majorité d'étudiants.

Conclusion

La prise en charge des traumatismes alvéolo-dentaires chez l'enfant en denture mixte peut donc s'avérer complexe pour le chirurgien-dentiste. Les situations diverses et variées entraînent souvent à la fois des lésions sur les tissus mous et durs de la cavité buccale et oro-faciale, pouvant engager le pronostic à court, moyen voire long terme des dents concernées par le traumatisme.

Ce travail s'est axé plus particulièrement sur la gestion des traumatismes amélo-dentaires, avec ou sans exposition pulpaire, des dents antérieures immatures. Ce choix a été fait en raison de la fréquence élevée de ce type de traumatisme sur les dents antérieures et des répercussions importantes sur le devenir de la dent que peut avoir ce type de traumatisme.

Pour améliorer la prise en charge par les étudiants, futurs professionnels de santé, de ces traumatismes, il a été montré l'intérêt que pourrait avoir la simulation dans le processus d'apprentissage, et plus particulièrement la simulation virtuelle, par le biais des serious games.

A travers un cahier des charges de serious game, nous avons voulu montrer comment il est possible d'associer un contenu ludique au contenu pédagogique, en le synchronisant avec les compétences professionnelles que doivent progressivement acquérir les étudiants pour devenir chirurgien-dentiste.

Ces serious games, bien que pouvant présenter un certain nombre d'avantages, présentent également quelques inconvénients qu'il convient d'améliorer afin de démocratiser l'utilisation de ces outils. En effet, un prix élevé est retrouvé pour le processus de réalisation et de développement du serious game. Par ailleurs, réaliser un serious game requiert un temps important, pour construire à la fois le contenu pédagogique et le serious game lui-même. De plus, il est nécessaire de former l'équipe enseignante à l'utilisation de ces outils que sont les serious games.

L'avenir de la simulation est donc plus que prometteur dans l'enseignement de la chirurgie-dentaire. De nouveaux centres de simulation tendent à se développer progressivement en France, afin de proposer un maillage territorial plus resserré permettant un accès plus démocratisé à ces nouveaux outils. Ainsi, l'essor de ces technologies permettra d'innover et d'améliorer la formation des étudiants tout en renforçant leurs compétences et permettre ainsi une meilleure prise en charge des patients.

Annexe 1 : Enquête, évaluation du serious game par les apprenants

Dans ce questionnaire, vous aurez trois types de questions possibles :

- Un choix binaire entre « oui » et « non »
- Une échelle d'évaluation qui va de l'appréciation 1 (la plus faible) à 10 (la plus élevée).
- Des champs libres

1) Avant ce serious game, aviez-vous déjà joué à un autre serious game ?

Oui Non

Le contenu pédagogique

2) Pensez-vous avoir acquis de nouvelles connaissances utiles à votre pratique à l'issue de ce programme de simulation ?

Oui Non

3) Si oui à la question précédente, à combien évalueriez-vous le bénéfice ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4) Pensez-vous avoir consolidé des acquis utiles à votre pratique à l'issue de ce programme de simulation ?

Oui Non

5) Si oui à la question précédente, à combien évalueriez-vous le bénéfice ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

6) Selon vous, les objectifs abordés étaient-ils en accord avec les objectifs énoncés ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

7) À combien évalueriez-vous la qualité des documents pédagogiques mis à votre disposition dans le serious game ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8) À l'issue de ce programme de formation, ressentez-vous le besoin d'une formation complémentaire ?

Oui Non

9) À la suite de ce premier programme de formation, vous sentez-vous confiant à l'idée de prendre en charge un traumatisme alvéolo-dentaire ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

10) Avez-vous déjà utilisé le bouton de messagerie du serious game ?

Oui Non

11) Si oui, en avez-vous été satisfait ?

Oui Non

12) Avez-vous trouvé les explications de chaque séance de simulation claires et intelligibles ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

La dramaturgie

13) Avez-vous aimé le scénario de ce programme de simulation ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

La forme

14) Avez-vous aimé les graphismes du serious game ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

15) Avez-vous aimé les sons présents dans le serious game ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Le gameplay

16) Avez-vous aimé la cinématique de ce serious game ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

17) Les contrôles du serious game étaient-ils intuitifs ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

18) Avez-vous trouvé plaisant de jouer à ce serious game ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

19) Comment évaluez-vous la difficulté du jeu (1 très facile, 10 extrêmement difficile ?)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

20) Recommanderiez-vous ce serious game à d'autres étudiants en chirurgie dentaire ?

Oui Non

21) Si vous deviez améliorer ce serious game, que feriez-vous ?

--

Annexe 2 : Liste des figures

Figure 1 : Les différentes techniques de simulation en santé, d'après (10)	4
Figure 2 : Le patient simulé/standardisé (16)	5
Figure 3 : Simulation procédurale dans le cadre d'une fibroscopie (18)	5
Figure 4 : Simulation procédurale haute-fidélité à la faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg (7)	6
Figure 5 : Exemple de simulation hybride avec un faux ventre pour simuler une grossesse (21)	6
Figure 6 : Illustration simplifiée basée sur le continuum Réalité-Virtualité d'après (26)	7
Figure 7 : Exemple de serious game avec Dental life (29)	8
Figure 8 : Schéma résumant les notions de programme, session, séance et unité de simulation (modifié et adapté de (30))	8
Figure 9 : Exemple de choix de simulation (13)	9
Figure 10 : La représentation des composantes et l'assemblage d'une compétence professionnelle pouvant être acquise et évaluée au cours d'un programme de simulation (34)	10
Figure 11 : Notion d'échange bi et unidirectionnel : débriefing et feedback	11
Figure 12 : Relation entre les notions de serious game, jeu vidéo, application utilitaire et serious gaming (46)	14
Figure 13 : Les différents critères du modèle G/P/S de classification des serious games (41).	17
Figure 14 : Modèle G/P/F/P (59)	18
Figure 15 : Fréquence des traumatismes sur les incisives d'après (90)	23
Figure 16 : Arbre décisionnel, prise en charge des fractures coronaires sur les incisives permanentes immatures (modifié et adapté de (90,106))	29
Figure 17 : Exemple d'un certificat médical initiale chez l'enfant lors d'un traumatisme dentaire	32
Figure 18 : Le gradient thérapeutique en odontologie restauratrice (123)	35
Figure 19 : Organigramme récapitulatif des différents types de résorptions possible survenant à la suite d'un TAD et sa thérapeutique associée	38
Figure 20 : Organigramme représentant les six compétences que l'odontologiste doit acquérir en formation initiale d'après (137)	41
Figure 21 : Composante d'un serious game type (138)	42
Figure 22 : Plan du décor du serious game réalisé à l'aide du logiciel en ligne Dental Space Planer	45
Figure 23 : Exemple d'interface graphique du serious game	46
Figure 24 : Aperçu de l'interface "cahier de bord" du serious game	47
Figure 25 : Aperçu de l'interface "inventaire" du serious game	48
Figure 26 : Aperçu de l'interface avant de commencer une simulation	49
Figure 27 : Échelle d'évaluation des sourires associée au score de réussite de la séance de simulation	52
Figure 28 : Aperçus de l'écran à la fin d'une séance de simulation pour présenter les résultats	53

Annexe 3 : Liste des tableaux

Tableau 1 : Les cinq questions fondamentales caractérisant le débriefing, d'après Raemer <i>et al.</i> (30,37)	11
Tableau 2 : Intérêts et limites de la simulation par les serious games	21
Tableau 3 : Questions à inclure dans le recueil de l'anamnèse (traduit de (100))	24
Tableau 4 : Les différents tests d'évaluation à réaliser lors d'un examen clinique afin de pouvoir poser un diagnostic (90,102–105)	26
Tableau 5 : L'examen radiographique et indication (90,100)	27
Tableau 6 : Tableau de recommandation concernant le suivi à réaliser en cas de fracture amérodentinaire avec et sans exposition pulpaire (106)	33
Tableau 7 : Exemple de fiche technique à réaliser en fonction de l'année d'étude de l'apprenant	47

Annexe 4 : Liste des abréviations

AAE : American Association of Endodontist

AAMC : Association of American Medical College

AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire et des Produits de Santé

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé

CMI : Certificat Médical Initial

CVI : Ciment Verre-Ionomère

DFGSO : Diplôme de Formation Générale des Sciences Odontologiques

DPI : Dents Permanentes Immatures

DRESS : Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques

HAS : Haute Autorité de Santé

EIG : Événements Indésirables Graves

MESRI : Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

MTA : Mineral Trioxyde Aggregate

PNSP : Programme Nationale pour la Sécurité des Patients

RA : Réalité Augmentée

RV : Réalité virtuelle

SoFraSimS : Société Francophone de Simulation en Santé

SNS : Stratégie Nationale de Santé

TAD : Traumatisme Alvéolo-Dentaire

TER : Technique Endodontique Régénérative

TDAH : Troubles de Déficit de l'Attention-Hyperactivité

VA : Virtualité Augmentée

Références

1. Moll M-C, Granry J-C. Etat de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. Dans le cadre du développement professionnel continu (DPC) et de la prévention des risques associés aux soins. [Internet]. Haute Autorité de Santé; 2012 [cité 25 août 2020] p. 110. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_930641/fr/simulation-en-sante
2. Beydon L, Dureuil B, Steib A. Place de la simulation dans la recertification des professionnels de santé. In: Boet S, Savoldelli G, Granry J-C, éditeurs. La simulation en santé - De la théorie à la pratique. Lavoisier Médecine Sciences. Paris: Springer; 2013. p. 267-76.
3. Boet S, Jaffrelot M, Naik VN, Brien S, Granry J-C. La simulation en santé en Amérique du Nord : état actuel et évolution après deux décennies. *Ann Fr Anesth Réanimation*. 2014;33(5):353-7.
4. Huang GC, Sacks H, Devita M, Reynolds R, Gammon W, Saleh M, et al. Characteristics of simulation activities at North American medical schools and teaching hospitals: an AAMC-SSH-ASPE-AACN collaboration. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2012;7(6):329-33.
5. Ministère des affaires sociales et de la santé. Instruction DGOS/PF2 no 2013-383 du 19 novembre 2013 relative au développement de la simulation en santé [Internet]. p. 58. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/fichiers/bo/2013/13-12/ste_20130012_0000_0052.pdf
6. Société Francophone de Simulation en Santé. Centres de simulation [Internet]. SoFraSimS. [cité 1 oct 2020]. Disponible sur: <https://sofrasims.org/services/centres-de-simulation/>
7. Université de Strasbourg. La nouvelle unité de simulation au service des étudiants en chirurgie dentaire [Internet]. 2018. Disponible sur: https://www.unistra.fr/uploads/media/CP-unite-simulation-chirurgie_dentaire_FINAL.pdf
8. Tesniere A, Mignon A. Simulation médicale dans les programmes pédagogiques de formation. In: Boet S, Savoldelli G, Granry J-C, éditeurs. La simulation en santé De la théorie à la pratique. Paris: Springer; 2013. p. 209-16.
9. Jaffrelot M, Savoldelli G. Concevoir un centre de simulation. In: Boet S, Savoldelli G, Granry J-C, éditeurs. La simulation en santé De la théorie à la pratique. Paris: Springer; 2013. p. 403-10.
10. Chiniara G. Simulation médicale pour acquisition des compétences en anesthésie. In: Société française d'anesthésie et de réanimation, éditeur. Congrès national d'anesthésie et de réanimation 2007: conférences d'actualisation, les essentiels, médecine d'urgence, évaluation et traitement de la douleur. Issy-les-Moulineaux, France: Elsevier; 2007. p. 41-9.

11. Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S. Simulation-Based Medical Education: An Ethical Imperative. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2006;1(4):252-6.
12. Chiniara G, Cole G, Brisbin K, Huffman D, Cragg B, Lamacchia M, et al. Simulation in healthcare: A taxonomy and a conceptual framework for instructional design and media selection. *Med Teach*. 2013;35(8):1380-95.
13. Haute Autorité de Santé. Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé [Internet]. Haute Autorité de Santé; 2012 p. 100. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-01/guide_bonnes_pratiques_simulation_sante_guide.pdf
14. Adamo G. Simulated and standardized patients in OSCEs: achievements and challenges 1992-2003. *Med Teach*. 2003;25(3):262-70.
15. Demaurex F, Vu N. Patients simulés/standardisés. In: Boet S, Savoldelli G, Granry J-C, éditeurs. *La simulation en santé De la théorie à la pratique*. Paris: Springer; 2013. p. 51-62.
16. Centre interprofessionnel de simulation. Patients simulés [Internet]. [cité 15 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.cis-ge.ch/simulation>
17. Langenfeld SJ, Fuglestad MA, Cologne KG, Thompson JS, Are C, Steele SR. Less is more: creation and validation of a novel, affordable suturing simulator for anorectal surgery. *Tech Coloproctology*. 2019;23:1057-64.
18. Béliard C, Péan D, Asehnoune K, Lejus C. « Boîte labyrinthique » : un outil pédagogique simple et économique d'apprentissage de l'intubation fibroscopique. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2010;29(4):317-8.
19. Ammirati C, Granry J-C, Savoldelli G. Mannequins simulateurs de patients. In: Boet S, Savoldelli G, Granry J-C, éditeurs. *La simulation en santé De la théorie à la pratique*. Paris: Springer; 2013. p. 63-74.
20. Girzadas DV, Antonis MS, Zerth H, Lambert M, Clay L, Bose S, et al. Hybrid simulation combining a high fidelity scenario with a pelvic ultrasound task trainer enhances the training and evaluation of endovaginal ultrasound skills. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med*. 2009;16(5):429-35.
21. Centre interprofessionnel de simulation. Hybride [Internet]. [cité 15 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.cis-ge.ch/simulation>
22. Fuchs P, Berthoz AP. *Le traité de la réalité virtuelle*. 2^e éd. Moreau G, éditeur. Paris, France: Les Presses de l'École des Mines; 2003. 548 p.
23. Billinghurst M, Clark A, Lee G. A survey of augmented reality. *Found Trends® Human-Computer Interact*. 2015;8(2-3):73-272.
24. Azuma RT. A survey of augmented reality. *Teleoperators Virtual Environ*. 1997;6(4):355-85.
25. Azuma RT. The Most Important Challenge Facing Augmented Reality. *Presence Teleoperators Virtual Environ*. 2016;25(3):1-5.

26. Milgram P, Takemura H, Utsumi A, Kishino F. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator Telepresence Technol.* 1994;2351:282-92.
27. Ducros A. Simulation: Définitions et situation du sujet [Internet] [Mémoire pour l'obtention du Diplôme Inter Universitaire de Pédagogie médicale]. [Paris]; 2012. Disponible sur: http://www.chups.jussieu.fr/diupmweb/memoires_accueil.htm
28. Graafland M, Schraagen JM, Schijven MP. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *Br J Surg.* 2012;99(10):1322-30.
29. Dentallifereys. Mise en situation [Internet]. [cité 15 nov 2020]. Disponible sur: <http://www.dentallife.fr/blog/?p=3459>
30. Savoldelli G, Boet S. La séance de simulation : du briefing au débriefing. In: Boet S, Granry J-C, Savoldelli G, éditeurs. *La simulation en santé De la théorie à la pratique.* Paris: Springer; 2013. p. 313-28.
31. Halamek LP, Cady RAH, Sterling MR. Using briefing, simulation and debriefing to improve human and system performance. *Semin Perinatol.* 2019;43(8):1511-78.
32. Evain J-N, Perrot A, Vincent A, Cejka J-C, Bauer C, Duclos A, et al. Team planning discussion and clinical performance: a prospective, randomised, controlled simulation trial. *Anaesthesia.* 2019;74(4):488-96.
33. Direction de la formation professionnelle continue Nouvelle Calédonie. Norme AFNOR X50-750 Terminologie de la formation professionnelle [Internet]. Scribd. [cité 15 nov 2020]. Disponible sur: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjqp-jL6K_xAhVAA2MBHdS5DtsQFnoECAIQAw&url=https%3A%2F%2Fdfpc.gouv.nc%2Ftelechargement%2F55&usg=AOvVaw0d5tg6CG2pUh5VQkLNLPO9
34. Boudreault H. Savoir être compétent [Internet]. 2015 [cité 15 nov 2020]. Disponible sur: <https://ordrecrha.org/fr-CA/ressources/revue-rh/archives/savoir-etre-competent/>
35. Motola I, Devine LA, Chung HS, Sullivan JE, Issenberg SB. Simulation in healthcare education: A best evidence practical guide. *AMEE Guide No. 82. Med Teach.* 2013;35(10):1511-30.
36. Sawyer T, Fleegler MB, Eppich WJ. Essentials of Debriefing and Feedback. In: Grant VJ, Cheng A, éditeurs. *Comprehensive Healthcare Simulation: Pediatrics* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2016 [cité 14 nov 2020]. p. 31-42. (Comprehensive Healthcare Simulation). Disponible sur: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24187-6_3
37. Raemer D, Anderson M, Cheng A, Fanning R, Nadkarni V, Savoldelli G. Research Regarding Debriefing as Part of the Learning Process: *Simul Healthc J Soc Simul Healthc.* 2011;6(7):52-7.
38. Kirkpatrick DL. *Evaluating Training Programs: The Four Levels.* 2nd Edition. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers; 1998. 290 p.
39. Kirkpatrick DL. Evaluation of training. In: Craig R, Bittel L, éditeurs. *Training and development handbook.* New York: McGraw-Hill; 1967. p. 131-7.

40. Lacombe M. Utilisation d'un serious game en classe: le jeu vidéo au service de l'apprentissage? [Internet]. [Toulouse]: Université de Toulouse le Mirail; 2013. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00880408>
41. Djaouti D. Serious Game Design : considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire [Internet] [These de doctorat]. [Toulouse]: Université de Toulouse 3; 2011 [cité 13 juin 2021]. Disponible sur: <http://www.theses.fr/2011TOU30229>
42. Michaud L, Alvarez J. Serious games: advergaming, edugaming, training [Internet]. Institut de l'audiovisuel et des télécommunications en Europe (IDATE), éditeur. Montpellier: IDATE; 2008. 91 p. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/286354308_Serious_Games_Advergaming_edugaming_training
43. Michael D, Chen, Sande. Serious games: games that educate, train and inform. 1st edition. Boston, Mass: Thomson Course Technology; 2006. 287 p.
44. Benjamin Sawyer. The « serious game » landscape [Internet]. Disponible sur: <https://slideplayer.com/slide/5179634/>
45. Alvarez J. Du jeu vidéo au serious game, approche culturelle, pragmatique et formelle [Internet] [Theses de doctorat]. Université de Toulouse; 2007 [cité 13 juin 2021]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01240683>
46. Alvarez J, Djaouti D, Rampnoux O, Jessel J-P, Fauquet-Alekhine P, Ratti C. Introduction au serious game [Internet]. 2ème édition. Paris, France: Questions théoriques; 2012. 255 p. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/286356805_Introduction_au_Serious_Game_-_Serious_Game_an_Introduction_French_and_English/link/5668066b08ae8905db8ccd30/download
47. Jenkins H, Camper B, Chisholm A, Grigsby N, Klopfer E, Osterweil S, et al. From Serious Games to Serious Gaming. In: Ritterfeld U, Cody M, Vorderer P, éditeurs. Serious Games: Mechanisms and Effects [Internet]. Routledge. Routledge; 2009 [cité 13 juin 2021]. Disponible sur: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781135848910>
48. Ndao ML, Gilibert D, Dinot J. Les variables psychologiques médiatisées par le serious game dans l'insertion et la formation. Rev Int Psychosociologie Gest Comport Organ ESKA. 2017;23:277-96.
49. Cohard P. L'apprentissage dans les serious games : proposition d'une typologie. @GRH. 2015;3(16):11-40.
50. Zyda M. From visual simulation to virtual reality to games. Computer. 2005;38(9):25-32.
51. Bergeron B. Developing serious games. Hingham, Mass., United States of America: Charles River Media; 2006. xxvii+452.
52. Alvarez J, Rampnoux O, Jessel J-P, Méthel G. Serious Game: just a question of posture? In: Proceedings of Artificial & Ambient Intelligence Convention [Internet]. Newcastle upon Tyne, Royaume-Uni; 2007. p. 420-6. Disponible sur:

- <http://www.ludoscience.com/FR/diffusion/261-Serious-Game-just-a-question-of-posture.html>
53. Sawyer B, Smith P. Serious Games Taxonomy [Internet]. 2008. Disponible sur: <https://thedigitalentertainmentalliance.files.wordpress.com/2011/08/serious-games-taxonomy.pdf>
 54. Letourneux M. La question du genre dans les jeux vidéo. In: Le game design de jeux vidéo: Approches de l'expression vidéoludique. Paris: L'Harmattan; 2005. p. 39-54. (Communication et civilisation).
 55. Apperley TH. Genre and game studies: Toward a critical approach to video game genres. *Simul Gaming*. 2006;37(1):6-23.
 56. Djaouti D, Alvarez J, Jessel J-P, Methel G, Molinier P. A Gameplay Definition through Videogame Classification. *Int J Comput Games Technol*. 2008;2008:1-7.
 57. Caillois R. Les jeux et les hommes: le masque et le vertige. Paris, France: Gallimard; 1967. 372 p.
 58. Frasca G. Simulation versus Narrative: Introduction to Ludology. In: Wolf MJP, Perron B, éditeurs. *The video game theory reader*. New York, Etats-Unis d'Amérique; 2003. p. 221-35.
 59. Alvarez J, Djaouti D. Une taxinomie des Serious Games dédiés au secteur de la santé. *Rev Lélectricité Lélectronique REE*. 2008;(11):91-102.
 60. Djaouti D, Alvarez J, Jessel J-P. Classifying Serious Games: the G/P/S model. In: Patrick F, éditeur. *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches*. IGI global. 2011.
 61. Piaget J. La formation du symbole chez l'enfant: Imitation, jeu et rêve, image et représentation. 8ème. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé; 1978. 310 p.
 62. Winnicott DW, Monod C, Pontalis J-B, Pontalis J-BP. Jeu et réalité: l'espace potentiel. Paris, France: Gallimard; 2002. 276 p.
 63. Vygotsky LS. *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cole M, John-Steiner V, Scribner S, Souberman E, éditeurs. Cambridge, Etats-Unis d'Amérique: Harvard University Press; 1978. XI+159.
 64. Marne B, Huynh-Kim-Bang B, Labat J. Articuler motivation et apprentissage grâce aux facettes du jeu sérieux. In Mons, Belgique; 2011. p. 69-80.
 65. Becerril Ortega R, Caron P-A. Dispositifs de formation et Serious Game, Analyse des porosités, Les jeux sérieux : situations, environnements ou artefacts pour l'apprentissage ? In: 9e congrès de l'ACFAS [Internet]. Sherbrooke, Canada; 2011 [cité 31 janv 2021]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01817356>
 66. Csíkszentmihályi M. *Flow: the psychology of optimal experience*. New York, United States of America: Harper Perennial, cop. 1990; 1990. xii+303+16.
 67. Denis G. Jeux vidéo éducatifs et motivation : application à l'enseignement du jazz [Internet] [These de doctorat]. Paris, ENMP; 2006 [cité 3 févr 2021]. Disponible sur: <http://www.theses.fr/2006ENMP1412>

68. Witmer BG, Singer MJ. Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence*. 1998;7(3):225-40.
69. Wouters P, Nimwegen C, Oostendorp H, Spek E. A Meta-Analysis of the Cognitive and Motivational Effects of Serious Games. *J Educ Psychol*. 2013;105(2):249-65.
70. Ryan RM, Rigby CS, Przybylski A. The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motiv Emot*. 2006;30(4):344-60.
71. Deci EL, Koestner R, Ryan RM. A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychol Bull*. 1999;125(6):627-68; discussion 692-700.
72. Moll MC, Bouhours G, Granry J. Simulation en santé et fiabilisation des pratiques. In: Boet S, Savoldelli G, Granry J-C, éditeurs. *La simulation en santé De la théorie à la pratique*. Paris: Springer; 2013. p. 161-76.
73. Michel P, Minodier C, Lathelize M, Moty-monnereau C, Domecq S, Chaleix M, et al. Les événements indésirables graves associés aux soins observés dans les établissements de santé [Internet]. Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DRESS); 2010 [cité 14 févr 2021] p. 18. (Dossier Solidarité et Santé). Report No.: 17. Disponible sur: <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications/dossiers-solidarite-et-sante-1998-2016/les-evenements-indesirables-graves-associes-aux>
74. Djaouti D. Serious Games pour l'éducation : utiliser, créer, faire créer ? *Tréma*. 2016;(44):51-64.
75. Oriot D, Alinier G, Granry J-CP, Benhamou DP. *La simulation en santé: le débriefing clés en mains*. Issy-les-Moulineaux, France: Elsevier Masson; 2019. xx+167.
76. Astolfi J-P. *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris, France: ESF éditeur; 1997. 117 p.
77. Kafai YB. *Minds in play: computer game design as a context for children's learning*. New York, United States of America; 2009. xviii+339.
78. Whitton N. Game Engagement Theory and Adult Learning. *Simul Gaming*. 2011;42(5):596-609.
79. Sauvé L, Renaud L, Gauvin M. Une analyse des écrits sur les impacts du jeu sur l'apprentissage. *Rev Sci L'éducation*. 2007;33(1):89-107.
80. Frese M, Keith N. Action Errors, Error Management, and Learning in Organizations. *Annu Rev Psychol*. 2015;66(1):661-87.
81. Bonenfant M, Genvo S. Une approche située et critique du concept de gamification. *Sci Jeu* [Internet]. 2014 [cité 23 juin 2021];(2). Disponible sur: <http://journals.openedition.org/sdj/286>
82. Hostetter O. Video Games - The Necessity of Incorporating Video Games as part of Constructivist Learning [Internet]. *Game Research The art, business, and science of video games*. 2006 [cité 19 févr 2021]. Disponible sur: <http://game-research.com/index.php/articles/video-games-the-necessity-of-incorporating-video-games-as-part-of-constructivist-learning/>

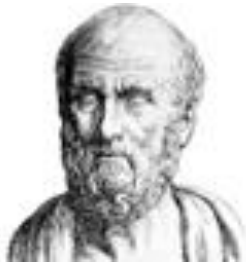
83. Denami MA. Un Serious Game pour le développement des compétences professionnelles des opérateurs en zone aseptique : définition d'un modèle holistique de conception et études d'usage [Internet] [These de doctorat]. Strasbourg; 2016 [cité 23 juin 2021]. Disponible sur: <http://www.theses.fr/2016STRAG025>
84. Nyssen AS, Pastre P. Simulateurs dans le domaine de l'anesthésie. Etudes et réflexions sur les notions de validité et de fidélité. *Apprendre Par Simul Anal Trav Aux Apprentiss Prof.* 2005;269-83.
85. Amalberti R. Gestion des risques et facteurs humains — Rôle de la simulation. In: Boet S, Savoldelli G, Granry J-C, éditeurs. *La simulation en santé De la théorie à la pratique.* Paris: Springer; 2013. p. 3-14.
86. Cullati C, Secheresse T. Challenges, benefits and limits of high-fidelity simulation in emergency medicine. *Soins Rev Ref Infirm.* 2017;62(813):32-4.
87. Habgood MPJ. The effective integration of digital games and learning content [Internet] [Thèse de doctorat]. [Nottingham]: University of Nottingham; 2007. Disponible sur: http://edutainment.pbworks.com/f/habgood_2007.pdf
88. Tapias MA, Jiménez-García R, Lamas F, Gil AA. Prevalence of traumatic crown fractures to permanent incisors in a childhood population: Móstoles, Spain. *Dent Traumatol.* 2003;19(3):119-22.
89. Rodrigues Campos Soares T, Andrade Risso P, Cople Maia L. Traumatic dental injury in permanent teeth of young patients attended at the federal University of Rio de Janeiro, Brazil. *Dent Traumatol.* 2014;30(4):312-6.
90. Naulin-Ifi C, André M, Bahi-Gross S, Barthelemi S. *Traumatologie clinique: de la théorie à la pratique.* Paris, France: Espace ID; 2016. 383 p.
91. Glendor U. Epidemiology of traumatic dental injuries – a 12 year review of the literature. *Dent Traumatol.* 2008;24(6):603-11.
92. Traebert J, Traiano ML, Armênio R, Barbieri DB, De Lacerda JT, Marcenes W. Knowledge of lay people and dentists in emergency management of dental trauma. *Dent Traumatol.* 2009;25(3):277-83.
93. Goettems ML, Torriani DD, Hallal PC, Correa MB, Demarco FF. Dental trauma: prevalence and risk factors in schoolchildren. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2014;42(6):581-90.
94. Vallaeys K, Chevalier V, Arbab-Chirani R. Traumatisme dentaire [Internet]. *Société Française de Médecine d'Urgence.* 2013 [cité 7 juill 2021]. Disponible sur: https://www.sfm.org/upload/70_formation/02_formation/02_congres/Urgences/urgences2013/donnees/fs_art.htm
95. Bani M, Bodur H, Kapci EG. Are behaviour risk factors for traumatic dental injuries in childhood different between males and females? *Eur J Paediatr Dent.* 2015;16(1):29-32.
96. Love RM, Ponnambalam Y. Dental and maxillofacial skeletal injuries seen at the University of Otago School of Dentistry, New Zealand 2000-2004. *Dent Traumatol.* 2008;24(2):170-6.

97. Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L, éditeurs. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. 4ème édition. Oxford, United Kingdom of Great Britain: Blackwell Munksgaard; 2007. xii+897.
98. Atabek D, Alaçam A, Aydintuğ I, Konakoğlu G. A retrospective study of traumatic dental injuries. *Dent Traumatol*. 2014;30(2):154-61.
99. Aggarwal V, Logani A, Shah N. Complicated crown fractures – management and treatment options. *Int Endod J*. 2009;42(8):740-53.
100. Wilson NHF, Dunne SM, éditeurs. Manual of clinical procedures in dentistry. Hoboken, NJ, Etats-Unis d'Amérique: Wiley Blackwell; 2018. xi+564.
101. Jehlé E, Honnart D, Grasleguen C, Bouget J, Dejoux C, Lestavel P, et al. Traumatisme crânien léger (score de Glasgow de 13 à 15) : triage, évaluation, examens complémentaires et prise en charge précoce chez le nouveau-né, l'enfant et l'adulte. *Ann Fr Médecine Urgence*. 2012;2(3):199-214.
102. Jafarzadeh H, Abbott PV. Review of pulp sensibility tests. Part II: electric pulp tests and test cavities. *Int Endod J*. 2010;43(11):945-58.
103. Jafarzadeh H, Abbott PV. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. *Int Endod J*. 2010;43(9):738-62.
104. Lee JY, Yanpiset K, Sigurdsson A, Vann WF. Laser Doppler Flowmetry for monitoring traumatized teeth. *Dent Traumatol*. 2001;17(5):231-5.
105. Bastos JV, Goulart EMA, Souza Côrtes MI. Pulpal response to sensibility tests after traumatic dental injuries in permanent teeth. *Dent Traumatol*. 2014;30(3):188-92.
106. Bourguignon C, Cohenca N, Lauridsen E, Flores MT, O'Connell AC, Day PF, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dent Traumatol*. 2020;36(4):314-30.
107. Kullman L, Al Sane M. Guidelines for dental radiography immediately after a dento-alveolar trauma, a systematic literature review. *Dent Traumatol*. 2012;28(3):193-9.
108. Davido N, Yasukawa K, Dursun É, Maire C-H, Meyer L. Orthopédie dento-faciale, odontologie pédiatrique. Paris, France: Maloine; 2014. xv+208.
109. Heide S, Mjör IA. Pulp reactions to experimental exposures in young permanent monkey teeth. *Int Endod J*. 1983;16(1):11-9.
110. Hørsted P, Søndergaard B, Thylstrup A, Attar KE, Fejerskov O. A retrospective study of direct pulp capping with calcium hydroxide compounds. *Dent Traumatol*. 1985;1(1):29-34.
111. Lasfargues J-J, Machtou P, Collège national des enseignants en odontologie conservatrice et endodontie. Dictionnaire francophone des termes d'odontologie conservatrice: endodontie & odontologie restauratrice. Paris, France: Editions Espace ID; 2010. 112 p.

112. Zhu C, Ju B, Ni R. Clinical outcome of direct pulp capping with MTA or calcium hydroxide: a systematic review and meta-analysis. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8(10):17055-60.
113. Witherspoon DE. Vital pulp therapy with new materials: new directions and treatment perspectives--permanent teeth. *Pediatr Dent*. 2008;30(3):220-4.
114. Belobrov I, Parashos P. Treatment of tooth discoloration after the use of white mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2011;37(7):1017-20.
115. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé AFSSAPS. Prescription des antibiotiques en pratique bucco-dentaire. *Med Mal Infect*. 2012;42(5):193-212.
116. Haute Autorité de Santé (HAS). Prise en charge médicamenteuse de la douleur chez l'enfant : alternatives à la codéine [Internet]. Haute Autorité de Santé (HAS); 2016 [cité 24 juin 2021] p. 115. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2016-02/prise_en_charge_medicamenteuse_de_la_douleur_chez_lenfant_alternatives_a_la_codeine_-_rapport_delaboration.pdf
117. Haute Autorité de Santé (HAS). Comment établir un certificat médical initial (CMI) [Internet]. Haute Autorité de Santé (HAS). [cité 11 avr 2021]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/pprd_2975057/fr/comment-etablir-un-certificat-medical-initial-cmi
118. Article R4127-213 - Code de la santé publique - Légifrance [Internet]. Code de la santé publique. Sect. section 2: code de déontologie des chirurgiens-dentistes. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006913013?init=true&page=1&query=R+4127-213&searchField=ALL&tab_selection=all
119. Lougassi E. La rédaction du certificat médical par le chirurgien-dentiste : précautions à prendre - MACSF [Internet]. MACSF. 2019 [cité 11 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.macsf.fr/responsabilite-professionnelle/Relation-au-patient-et-deontologie/precautions-redaction-certificat-medical>
120. Article R4127-229 - Code de la santé publique - Légifrance [Internet]. Code de la santé publique. Sect. section 2: code de déontologie des chirurgiens-dentistes. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006913031?init=true&page=1&query=R+4127-213&searchField=ALL&tab_selection=all
121. Article R4127-230 - Code de la santé publique - Légifrance [Internet]. Code de la santé publique. Sect. section 2: code de déontologie des chirurgiens-dentistes. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006913032?init=true&page=1&query=R+4127-213&searchField=ALL&tab_selection=all
122. Davido N, Yasukawa K, Antonioli P, Nguyen J-F, Zanini M. *Odontologie conservatrice et endodontie, odontologie prothétique*. Paris, France: Maloine; 2014. xv+216.
123. Tirlet G, Attal J-P. Le gradient thérapeutique : un concept médical pour les traitements esthétiques. *Inf Dent*. 2009;(41/42):2561-8.

124. Bastos JV, Côrtes MI de S. Pulp canal obliteration after traumatic injuries in permanent teeth – scientific fact or fiction? *Braz Oral Res* [Internet]. 2018 [cité 21 avr 2021];32. Disponible sur: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-83242018000500610&lng=en&nrm=iso&tlng=en
125. Duggal M, Tong HJ, Al-Ansary M, Twati W, Day PF, Nazzal H. Interventions for the endodontic management of non-vital traumatised immature permanent anterior teeth in children and adolescents: a systematic review of the evidence and guidelines of the European Academy of Paediatric Dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2017;18(3):139-51.
126. Sheehy EC, Roberts GJ. Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *Br Dent J*. 1997;183(7):241-6.
127. Amir F, Gutmann J, Witherspoon D. Calcific metamorphosis: A challenge in endodontic diagnosis and treatment. *Quintessence Int*. 2001;32(6):447-55.
128. Elfrink MEC, Heijdra JSC, Krikken JB, Kouwenberg-Bruring WH, Kouwenberg H, Weerheijm KL, et al. Regenerative endodontic therapy: a follow-up of 47 anterior traumatised teeth. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2021;22:469-77.
129. Caron G. Oblitération canalaire cas particuliers des dents traumatisées. *Inf Dent*. 2009;32:1754-8.
130. American Association of Endodontist (AAE). Glossary of Endodontic Terms [Internet]. American Association of Endodontist. 2020 [cité 2 mai 2021]. Disponible sur: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>
131. Naulin-lfi C, Machtou P. Traumatismes dentaires: du diagnostic au traitement. Rueil-Malmaison, France: Éditions CdP, impr. 2005; 2005. ix+165.
132. Naulin-lfi C. La décoronation [Internet]. La Société Odontologique de Paris (SOP). [cité 2 mai 2021]. Disponible sur: <https://www.sop.asso.fr/les-journees/comptes-rendus/36-l-urgence-traumatique-de-la-dent-permanente/5>
133. Dental Trauma Guide. Vocabulary – Dental Trauma Guide [Internet]. Dental Trauma Guide. [cité 2 mai 2021]. Disponible sur: <https://dentaltraumaguide.org/vocabulary/>
134. Christensen SS, Wilson BL, Edelman LS. Can I relate? A review and guide for nurse managers in leading generations. *J Nurs Manag*. 2018;26(6):689-95.
135. Shatto B, Erwin K. Teaching Millennials and Generation Z: Bridging the Generational Divide. *Creat Nurs*. 2017;23(1):24-8.
136. Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (MESRI). Docteur en chirurgie dentaire [Internet]. Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation. 2013 [cité 12 mai 2021]. Disponible sur: https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid20536/bulletin-officiel.html?cid_bo=71552&cbo=1
137. Dejou J. Qu'est-ce qu'une compétence ? *Biomatériaux Clin* [Internet]. 2018 [cité 13 mai 2021];3(2). Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/actualites/qu-est-ce-qu-une-competence/>

138. Lhuillier B. Concevoir un serious game pour un dispositif de formation: pour réussir vos projets de formation innovants ! Limoges, France: FYP éditions; 2011. 191 p.
139. GC Corporation. Mode d'emploi, fuji II LC capsule [Internet]. [cité 27 sept 2021]. Disponible sur:
https://europe.gc.dental/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/fuji2lc/ifu/IFU_Fuji_II_LC_Capsules_W.pdf



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

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

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

PELLEGRINO Sophia – Intérêt de la simulation virtuelle dans l'apprentissage de la gestion des traumatismes sur les dents permanentes immatures

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2021

Rubrique de classement : Odontologie pédiatrique

Résumé :

Les traumatismes alvéolo-dentaires constituent l'une des urgences à laquelle doit faire face le chirurgien-dentiste. Lorsque celui-ci survient chez l'enfant sur des dents permanentes immatures, le chirurgien-dentiste doit réussir à gérer à la fois la douleur, la compliance du patient, l'anxiété de l'enfant et des parents, le diagnostic et l'acte de soin lui-même, ce qui peut s'avérer extrêmement complexe.

Afin de préparer au mieux les futurs professionnels de santé à appréhender ce type de situation, ce travail a pour objectif de montrer l'intérêt de la simulation virtuelle et plus particulièrement celui des jeux sérieux dans l'apprentissage chez les étudiants.

Tout en respectant l'approche par compétence, un cahier des charges de jeux sérieux y est présenté afin d'apprendre aux étudiants à prendre en charge les traumatismes dentaires sur les dents permanentes immatures.

Mots-clés :

Simulation virtuelle - Jeux Sérieux - Traumatismes dentaires - Enseignement par simulation - Jeux sur ordinateur - Programme de simulation - Éducation - Formation initiale - Etudiant - Compétences - Pédagogie

PELLEGRINO Sophia – Interests of virtual simulation in learning how to manage trauma on immature permanent teeth

Abstract :

Dental trauma is an emergency that the dentist has to deal with. When this situation occurs in children, on immature permanent teeth, the dentist must manage pain, patient compliance, child and parent anxiety, propose a good diagnosis and the associated treatment. It can be extremely difficult.

In order to better prepare future dental surgeons to apprehend this type of situation, this work aims to show the interest of virtual simulation and more particularly, interest of serious games in student learning.

This is while, respecting the competency-based approach, a specification of serious games is presented in order to teach students to manage dental trauma on immature permanent teeth.

Keywords : Virtual simulation - Serious Game - Tooth injuries - Simulation-based education - Computer Games - Dental Trauma - Simulation program - Education - Initial Training - Student - Skills - Pedagogy

Adresse de l'auteur : pellegrino.sophia@gmail.com