

ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵏⵜ

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD
FACULTE DE MEDECINE
DR. B.BENZERDJEB - TLEMSEN



جامعة أبو بكر بلقايد
كلية الطب
د.ب.بن زرجب - تلمسان

n° Année 2020

**THESE POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR EN
SCIENCES MEDICALES**

IMPACT DE L'UTILISATION DE L'OUTIL 3D INTERACTIF
SUR L'ENSEIGNEMENT DE L'EMBRYOLOGIE HUMAINE DANS
UNE PEDAGOGIE PAR APPROCHE PAR COMPETENCE

Dr. YAMINA KHERRAF épouse BASSAID

Maître Assistante en Histologie-embryologie et génétique clinique

Soutenue publiquement le :

Devant le Jury

Président

Pr. Necib BERBER Faculté de Médecine de Tlemcen

Membres

Pr. Kaouel MEGUENNI Faculté de Médecine de Tlemcen
Pr. Saida AOUATI Faculté de Médecine de Constantine
Pr. Mohammed ABDELALI Faculté de Médecine d'Alger

Directrice de thèse

Pr. Kheira MEBAREK Faculté de Médecine d'Oran

Co-directeur de thèse

Pr. Salim LOUDJEDI Faculté de Médecine de Tlemcen

DEDICACES

Je dédie ce travail aux personnes qui comptent le plus pour moi au monde, mes parents, qui m'ont permis de devenir la personne que je suis et qui m'ont toujours soutenu et cru en moi.

A mon époux pour son soutien et sa patience, son aide morale. Il a supporté mon absence pendant des semaines de travail bien remplies.

A mes enfants Sirine et Youcef qui ont accepté d'avoir une maman occupée par moments. Vous êtes les anges de ma vie.

A mes sœurs et mon frère pour leurs encouragements et leur soutien.

A mes adorables neveux et nièces.

Ainsi qu'à toute ma famille et mes amis.

Remerciements

La réalisation de ce travail n'a été possible que grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

*Je tiens à remercier d'abord **Madame le professeur Kheira MEBAREK**, Professeur de La faculté de médecine d'Oran, qui a accepté de diriger ce travail fastidieux et difficile. Elle a relevé le défi et m'a accompagné et encadré tout au long de cette thèse. Elle m'a éclairé par ses judicieux conseils et m'a fait partager son expérience. Je ne saurais trop la remercier pour son côté humain, sa gentillesse, sa disponibilité et les encouragements qu'elle m'a donné tout le long de ce parcours de recherche.*

*J'aimerais remercier en particulier mon co-directeur de thèse, **Monsieur le professeur Salim Loudjedi**, Professeur à la faculté de médecine de Tlemcen, qui a su me guider, m'orienter et me soutenir continuellement dès le début du projet. Je le remercie pour son encadrement scientifique, ses conseils avisés et ses réflexions pendant la durée de mon travail, et le temps précieux qu'il a su me consacrer. Il a su apprécier avec justesse mes difficultés et apaiser mes doutes en proposant sans imposer. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.*

*Mes remerciements respectueux vont à **Monsieur Le professeur Nécib Berber**, Professeur à la faculté de médecine de Tlemcen et Doyen émérite, il a donné une importance particulière à la pédagogie. Il nous a fait l'honneur de présider le jury de soutenance de thèse. Je le remercie d'avoir accepté d'examiner ce travail. Il a toute ma reconnaissance et mon profond respect.*

*Mes remerciements vont également à **Monsieur le Professeur Mohamed Abdellali**, Professeur de la faculté de médecine d'Alger, de nous avoir fait l'honneur de participer à notre jury de soutenance de thèse. Je vous remercie d'avoir accepté d'examiner ce travail. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.*

*Mes remerciements vont également à **Madame le Professeur Saida Aouati**, Professeur à la faculté de médecine de Constantine, de nous avoir fait le privilège de participer à notre jury de soutenance de thèse. Je vous remercie d'avoir accepté d'examiner ce travail. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.*

*Mes remerciements bien particuliers vont à **Monsieur le Professeur Kaouel Meguenni**, Professeur à la faculté de médecine de Tlemcen, l'homme qui a donné un sens à la pédagogie au sein de la faculté de médecine. J'ai eu l'honneur de m'inscrire au certificat de pédagogie qu'il dirige. Ce certificat m'a permis d'avoir le bagage et le socle de formation qui m'ont aidé à faire de la recherche en pédagogie. J'ai eu l'occasion à travers ce certificat de soutenir un mémoire qui a été jugé bon. Ceci m'a donné le courage d'approfondir mes connaissances et mon esprit critique et pragmatique. Pr Meguenni nous a honoré et privilégié par sa participation au jury. Je vous remercie d'avoir accepté d'examiner ce travail. Soyez assuré de ma reconnaissance et de ma profonde estime.*

*Je tiens à remercier tout particulièrement **Monsieur le docteur Taleb Fewzi Abdelhafid**, mon chef de service et mon mentor qui a accompagné mes premiers pas dans la spécialité le jour où je suis venue comme résidente puis maître assistante dans son service, il est le père spirituel de tout ce travail. Je souhaite aussi lui témoigner toute ma gratitude pour son enseignement et son abnégation tout au long de ma modeste carrière, son soutien indéfectible, ses précieux conseils et ses encouragements.*

*Je tiens aussi à remercier chaleureusement l'équipe du département de génie Biomédical faculté de Technologie pour leur efficacité lors de la conception de nos modèles 3D et leur sympathie et leur aptitude à travailler dans un environnement interdisciplinaire. Merci plus particulièrement à monsieur le **Professeur Mohamed Benabdellah**, monsieur le **Professeur Bensaid**, madame le **Professeur Kamila Khemis**, mademoiselle **Lakhdari Naima** ainsi que monsieur **Midoun Omar**.*

*Je tiens à remercier également Madame le **Professeur Nafissa Chabni** qui a permis de donner un sens chiffré à nos résultats. Merci pour sa disponibilité, sa curiosité scientifique et sa bonne humeur.*

*Je tiens évidemment à remercier chaleureusement mes collègues et amies **Madame le docteur Naziha Chiali** et Madame le docteur **Mama Bouchaour** pour leur appui, soutien et leurs encouragements tout au long de ce travail.*

Je remercie également l'ensemble du personnels médical et paramédical du laboratoire d'Histologie-Embryologie et génétique médicale du CHU Tlemcen ainsi que le personnel du laboratoire d'Histologie-Embryologie de la Faculté de médecine Tlemcen.

Mes remerciements vont également à tous les étudiants volontaires pour la réalisation de la pré-enquête ainsi qu'aux étudiants qui ont participé à l'étude.

TABLE DES MATIERES

Liste des figures

Liste des tableaux

1.Introduction	1
1.1. Problématique.....	5
1.2.Objectifs.....	7
1.2.1. Objectif principal.....	7
1.2.2. Objectifs spécifiques.....	7
2. Revue de la littérature	8
2.1 Pédagogie	8
2.1.1. Définition	8
2.1.2. Aspects évolutifs des théories de l'apprentissage ...	8
2.1.2.1.Le béhaviorisme.....	9
2.1.2.2.Le cognitivisme.....	10
2.1.2.3.Le constructivisme.....	10
2.1.2.4.Le socioconstructivisme.....	11
2.1.2.5.Le connectivisme.....	11
2.2. Approches en pédagogie.....	12
2.2.1. L'approche par objectifs.....	12
2.2.2. L'approche par compétence.....	13

2.3 Théorie de la charge cognitive.....	15
2.3.1 Définition.....	15
2.3.2.Types de charge cognitive.....	16
2.3.2.1. Intrinsèque	16
2.3.2.2. Extrinsèque	16
2.4.Pédagogie active.....	17
2.4.1. Classe d'apprentissage actif.....	19
2.5.Méthodes d'enseignement.....	20
2.5.1. Méthodes d'enseignement traditionnelles.....	21
2.5.1.1.Le cours magistral.....	21
2.5.1.2.Les travaux dirigés.....	22
2.5.1.3.Les travaux pratiques.....	22
2.5.2. Méthodes d'enseignement actives.....	23
2.5.2.1.Le travail collaboratif/l'apprentissage en groupe.....	23
2.5.2.2.La classe inversée.....	23
2.5.2.3.Méthode d'enseignement mixte.....	25
2.6.Embryologie.....	26
2.6.1. Les méthodes d'enseignement en embryologie.....	27
2.6.2. Outils pédagogiques d'enseignement en embryologie.....	28
2.6.2.1.Les modèles 3D.....	28
2.6.2.2.Environment virtuel d'apprentissage.....	29
2.6.2.3.Atlas 3D.....	29

2.6.2.4.Le screencast.....	30
2.6.2.5.Les vidéos pédagogiques.....	31
2.7.Les technologies de l’information et de la communication TIC.....	31
2.7.1. Définition	31
2.7.2. Historique du développement des TIC.....	31
2.7.3. Adhésion des étudiants au TIC.....	34
2.7.4. Le réseau social Facebook et son influence sur la pédagogie.....	35
2.7.5. Ingénierie pédagogique.....	37
2.7.6. Conception d’un système d’apprentissage selon la cascade d’ADDIE.....	38
2.8.Conclusion	42
3. Matériel et méthodes.....	43
3.1.Lieu et durée de l’étude.....	43
3.2.Schéma expérimental : Cadre conceptuel.....	43
3.3.Population d’étude.....	43
3.3.1. Critères d’inclusion.....	44
3.3.2. Critères d’exclusion.....	44
3.3.3. Critères de non inclusion.....	44
3.3.4. Critère de jugement	44
3.4.Méthode	44
3.4.1. 1 ^{ère} étape : Analyse.....	44
3.4.2. 2 ^{ème} étape : Design.....	45
3.4.3. 3 ^{ème} étape : Développement	49
3.4.4. 4 ^{ème} étape Implémentation	58

3.4.5. 5 ^{ème} étape : Evaluation	61
3.5. Analyse statistique	62
3.6. Conflits d'intérêt	63
4. Résultats	67
4.1. Résultats de la séance test.....	67
4.2. Résultats de l'étude.....	70
4.2.1. Population d'étude.....	70
4.2.2. Résultats du travail à distance	70
4.2.3. Résultats du pré et post-test	71
4.2.4. Résultats de l'évaluation académique	77
4.2.5. Résultats du questionnaire.....	77
4.2.5.1. Identification des conditions de l'utilisation de la vidéo.....	77
4.2.5.2. Evaluation de l'intérêt du travail en groupe des apprenants.....	78
4.2.5.3. Evaluation de l'impact de la vidéo 3D sur l'engagement cognitif.....	79
4.2.5.4. Evaluation de l'impact de la méthode d'enseignement sur la réflexion versus action de l'apprenant.....	81
4.2.5.5. Evaluation de la motivation des apprenants vis-à-vis des outils pédagogiques utilisés.....	81
4.2.5.6. Evaluation d'un modèle syllabus proposé aux apprenants.....	83
4.2.5.7. Résultats des réponses aux questions ouvertes	85
5. Discussion	89
5.1. Discussion des résultats de l'enquête préliminaire.....	89
5.2. Discussion des résultats de l'étude.....	91
5.2.1. Le travail en interphase (distanciel).....	91
5.2.2. Discussion des résultats du pré et post-test.....	92

5.2.3. Discussion des résultats de l'évaluation académique.....	93
5.2.4. Discussion des résultats du questionnaire	94
5.2.5. Compilation et comparaison des études similaires avec notre étude	99
5.3 Limites de l'étude	102
5.3.1. La faible puissance de l'échantillon.....	102
5.3.2. Limitation de l'imagination des apprenants.....	102
5.3.3. Rôle de l'enseignant	102
6. Conclusion	103
Références bibliographiques	105
Annexes	115
Glossaire	136

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma de présentation de l'utilisation des TIC dans l'enseignement médical.....	2
Figure 2. Théories de l'apprentissage.....	9
Figure 3. Représentation récapitulative des courants pédagogiques.....	12
Figure 4. Les composants de la compétence.....	14
Figure 5. Interaction entre mémoire de travail et mémoire à long terme et influence de l'environnement.....	16
Figure 6. Méthode en Pédagogie active.....	18
Figure 7. Modèle de classe d'apprentissage actif.....	20
Figure 8. Le triangle pédagogique de J. Houssaye.....	20
Figure 9. Le cours magistral un modèle dont on ne peut se séparer.....	21
Figure 10. Schéma de la classe inversée.....	25
Figure 11. Exemple de l'interface du logiciel EMRIO v2.0.....	29
Figure 12. Exemple de l'interface d'un 3D-PDF de l'Atlas 3D de l'embryologie humaine.....	30
Figure 13. Carte mentale représentative de la méthode ADDIE.....	41
Figure 14. Représentation schématique du modèle TPACK.....	42
Figure 15. But et objectifs de la séance type : la fécondation.....	47
Figure 16. Schéma de déroulement d'une séance pédagogique.....	48
Figure 17. Interface du logiciel de modélisation ZBrush®.....	50
Figure 18. Appareil génital féminin en 3D.....	51
Figure 19. Représentation de l'ovulation en 3D.....	51
Figure 20. Spermatozoïde humain en 3D.....	52
Figure 21. Ovocyte humain en 3D.....	52

Figure 22. Représentation du rapprochement des pronoyaux en 3D.....	53
Figure 23. Représentation de la morula en 3D.....	53
Figure 24. Représentation du blastocyste en 3D.....	54
Figure 25. Représentation de la formation du blastocèle en 3D.....	54
Figure 26. Libération du blastocyste de la zone pellucide "Hatching" en 3D.....	55
Figure 27. Blastocyste à la fin de la 1ère semaine du développement embryonnaire en 3D.....	55
Figure 28. Représentation du déroulement de la 1ère semaine du développement embryonnaire en 3D.....	56
Figure 29. Représentation de la nidation en 3D.....	56
Figure 30. Embryon au cours de la 2ème semaine du développement embryonnaire en 3D.....	57
Figure 31. Représentation de la mise en place du mésoblaste au cours de la 3ème semaine du développement embryonnaire en 3D.....	57
Figure 32. Photo représentant la disposition des étudiants en petits groupes (le 27/01/2019).....	59
Figure 33. Page d'accueil du groupe travaux dirigés 2019.....	60
Figure 34. Résultats de l'activité à distance des étudiants au cours de la première phase.....	70
Figure 35. Résultats de l'activité à distance des étudiants au cours de la deuxième phase.....	71
Figure 36. Résultats du pré et post-test de la séance spermatogenèse.....	73
Figure 37. Résultats du pré et post-test de la séance ovogenèse.....	73
Figure 38. Résultats du pré et post-test de la séance fécondation.....	73

Figure 39. Résultats du pré et post-test de la séance 1 ^{ère} semaine du développement embryonnaire.....	73
Figure 40. Résultats du pré et post-test de la séance 2 ^{ème} semaine du développement embryonnaire.....	74
Figure 41. Résultats du pré et post-test de la séance 3 ^{ème} semaine du développement embryonnaire.....	74
Figure 42. Résultats du pré et post-test de la séance 4 ^{ème} semaine du développement embryonnaire.....	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Séquences pédagogiques et vidéo.....	46
Tableau 2. Réactions des étudiants volontaires suite à la séance test.....	68
Tableau 3. Analyse thématique des commentaires des étudiants.....	69
Tableau 4. Résultats du pré et post-test.....	76
Tableau 5. Résultats académiques des deux cohortes cas/témoin.....	77
Tableau 6. Conditions d'utilisation de la vidéo.....	78
Tableau 7. Intérêt des apprenants pour le travail en groupe.....	79
Tableau 8. L'impact de la vidéo 3D sur l'engagement cognitif.....	80
Tableau 9. Evaluation de l'impact de la méthode d'enseignement.....	81
Tableau 10. Evaluation de la motivation des apprenants vis-à-vis des outils pédagogiques utilisés.....	82
Tableau 11 Evaluation d'un modèle de syllabus A.....	83
Tableau 12. Evaluation d'un modèle de syllabus B.....	84
Tableau 13. Analyse thématique des commentaires des étudiants suite à l'étude.	86
Tableau 14. Etudes internationales analyse et comparaison.....	100

Le présent document a été rédigé suivant les normes AFNOR de présentation des thèses et documents assimilés Z41-006.

Les références bibliographiques ont été rédigées suivant les normes Vancouver.

Selon Alain Rieunier « Préparer une leçon, un cours, une séquence de formation, c'est concevoir un dispositif pédagogique capable de motiver ceux qui doivent apprendre, c'est présenter des contenus rigoureux, permettre leur appropriation progressive, prévoir les évaluations nécessaires, organiser les systèmes de recours pour ceux qui sont en difficulté ou en échec. Bref, préparer une leçon, c'est se situer délibérément du côté de celui qui apprend et préparer le chemin de son apprentissage. C'est interroger les savoirs pour trouver les moyens de les rendre accessibles. C'est travailler à impliquer ceux qui apprennent...car sans leur aide, leur participation active, la mobilisation de leur intelligence, le projet est condamné par avance. »

Alain Rieunier¹

¹ *Formateur d'enseignants, il poursuit depuis plus de trente ans le même projet : aider les maîtres et plus généralement tous les formateurs à mieux préparer et mettre en œuvre " une leçon " .*

Introduction

1 Introduction

L'enseignement de l'embryologie générale humaine représente une composante essentielle du parcours curriculaire en sciences médicales. Il trouve son intérêt dans l'assimilation des notions fondamentales pour comprendre les relations topographiques complexes d'organes. *In fine*, on aboutit à une anatomie normale d'un embryon. Toute anomalie de ce processus de développement conduit inéluctablement à des malformations congénitales.

Cependant, l'embryologie est une matière où l'apprentissage n'est pas possible uniquement par des conférences, des présentations ou par la lecture l'étude de manuels. Elle nécessite en outre, des représentations tridimensionnelles animées associées à d'autres méthodes d'enseignement. Avec les progrès de la formation médicale, les méthodes et outils pédagogiques se développent simultanément.

Devant l'apparition de nouvelles technologies, l'enseignement devait suivre *à fortiori* avec une nouvelle pédagogie et de nouvelles méthodes d'apprentissage.

En effet, Les découvertes scientifiques récentes et les innovations technologiques ont accumulé une grande quantité de nouvelles connaissances dans le domaine des sciences de la santé. En conséquence, les apprenants doivent acquérir plus de connaissances aujourd'hui qu'il y a dix ans, ce qui nécessite des changements dans l'enseignement médical affectant ainsi les sciences fondamentales [1].

Parallèlement, depuis les années 90, les technologies de l'information et de la communication (TIC) connaissent une ascension phénoménale. Leur présence et leur usage, à travers nos activités d'enseignement et d'apprentissage (figure 1), amènent les enseignants à repenser la manière dont on accède à la connaissance. En effet, la qualité d'ubiquité des TIC dans le milieu de l'enseignement a provoqué une véritable effervescence. Face à l'omniprésence des TIC, l'enseignant s'interroge afin de trouver la manière la plus appropriée de les intégrer dans sa pratique tout en assurant la qualité de l'apprentissage. Qu'il s'agisse d'enseignement en salle de classe traditionnelle, de formation en ligne ou d'autoformation, les TIC suscitent un intérêt croissant auprès des communautés pédagogiques et du monde de la recherche [2].

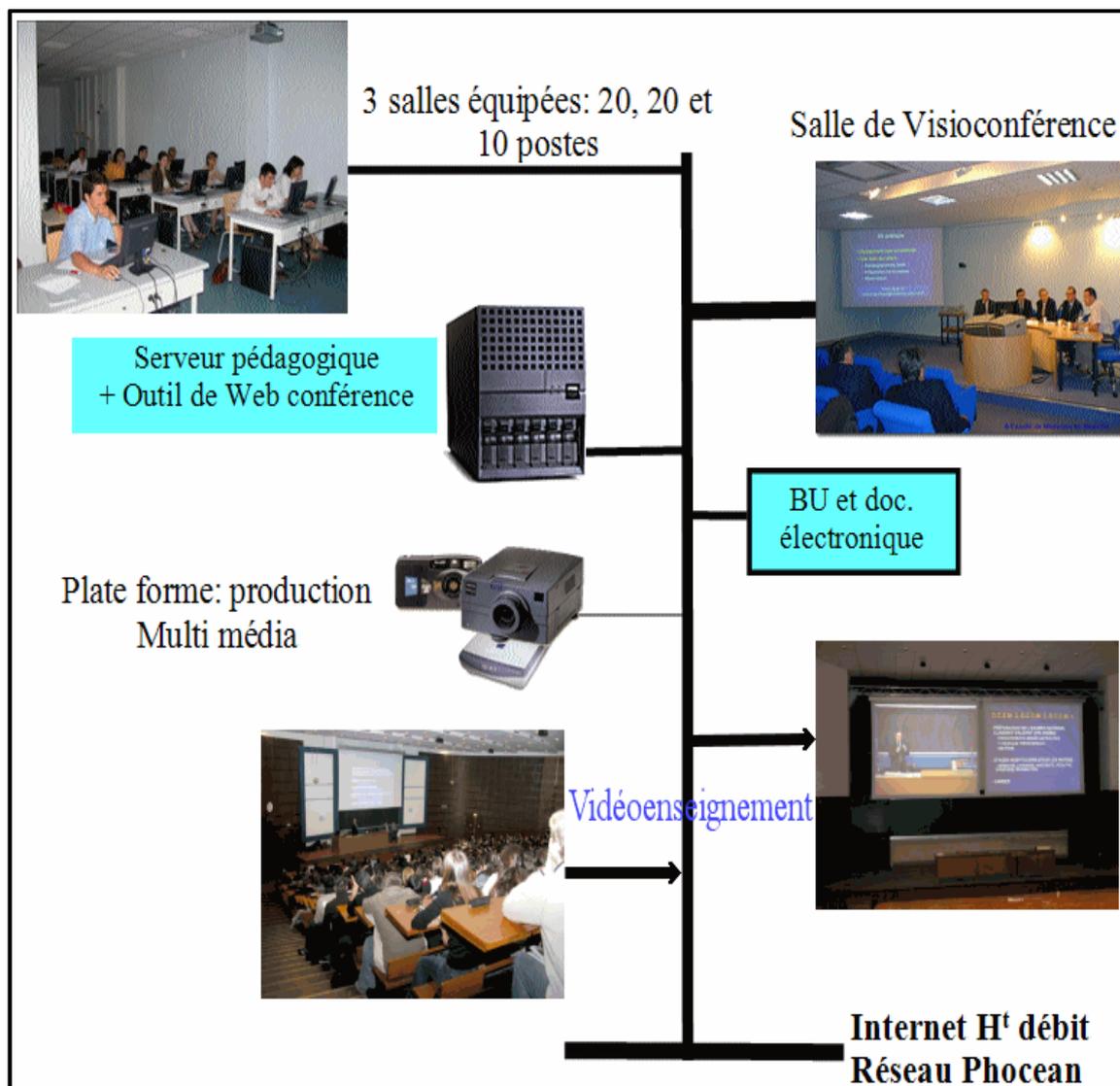


Figure 1. Schéma de présentation de l'utilisation des TIC dans l'enseignement médical

[3]

Au moment où les nouvelles techniques de communication remplacent le verbe, la craie et les images fixes d'une part, le texte et les illustrations d'autre part, l'Embryologie représente un domaine privilégié où ces nouvelles méthodes peuvent donner toute leur efficacité. Par conséquent, les outils multimédias permettent l'utilisation d'un grand nombre d'images, leur animation et la représentation en trois dimensions, la création de nombreux liens entre elles et/ou avec un texte explicatif ou descriptif.

Dans cette thèse, en s'appuyant sur le potentiel catalyseur des TIC sur l'apprentissage et du désir d'apporter une solution aux difficultés de cet apprentissage et de compréhension de l'embryologie générale telle qu'enseignée dans les différentes facultés de médecine, il nous a été apparu pertinent et opportun d'entreprendre une démarche pédagogique différente de tout ce qui a été fait avant.

Cette démarche peut s'inscrire dans un modèle innovant par rapport à l'enseignement classique. Elle va permettre de mettre sur pied une méthode d'enseignement et d'apprentissage pour les étudiants de première année en sciences médicales.

Nous avons choisi de développer un dispositif technopédagogique en initiant une pédagogie active s'appuyant sur la technologie 3D. Ce choix ne peut se concevoir qu'à partir de conditions *sine qua none* parmi lesquelles mettre au premier plan l'aspect pédagogique soutenant la diffusion de l'information, la motivation, les activités pédagogiques, les interactions entre pairs, la production de travaux ainsi que l'autonomie.

Ce manuscrit comprend quatre chapitres :

Le premier chapitre présente la problématique de l'étude ; le contexte de l'enseignement de l'embryologie générale humaine destiné aux étudiants de première année en sciences médicales. Nous présentons également les difficultés rencontrées lors de l'apprentissage de cette discipline et le rôle possible de la 3D et de la pédagogie active dans la résolution de ces difficultés. Enfin, nous précisons les objectifs généraux et spécifiques de cette recherche.

Dans le deuxième chapitre, une revue de la littérature est exposée. Des définitions des concepts en pédagogie médicale ainsi que les théories d'apprentissage sont abordées. Nous débutons ce chapitre en présentant sommairement les grands courants en pédagogie, l'historique et les différentes méthodes de l'utilisation des TIC en formation médicale. Nous présentons l'évolution des différents modèles d'enseignement de l'embryologie générale. Nous abordons, par la suite, les différentes approches pédagogiques pouvant intégrer les TIC ainsi que les dispositifs technopédagogiques ; plus particulièrement la méthode ADDIE.

Quant au troisième chapitre, la méthodologie adoptée est exposée afin de répondre aux objectifs définis. Notre approche méthodologique, le type d'étude, les participants, les

techniques et les instruments de collecte de données, le déroulement de l'étude, la démarche d'analyse ainsi que les considérations éthiques sont précisément développés.

Nos résultats sont présentés et discutés dans le quatrième chapitre. Nous exposons alors, les résultats des différentes étapes de conception et de développement de notre méthode pédagogique, ceci à partir de différents questionnaires et tests statistiques. Nous analysons et précisons les modifications à apporter à ce procédé d'apprentissage ainsi que les limites de l'étude.

Enfin en conclusion, nous faisons ressortir les faits saillants de cette étude, dressons un bilan de l'expérimentation. Finalement, nous allons définir les acquis de l'apprentissages et les retombées pour l'enseignement de l'embryologie générale humaine. Un dernier chapitre proposera un référentiel de recommandations ainsi que quelques axes de recherche dans l'avenir.

1.1 Problématique

L'embryologie générale humaine est une science qui étudie le développement de l'embryon depuis sa conception jusqu'à la 8ème semaine. Au cours de cette période du développement, l'embryon change considérablement de morphologie et de taille allant d'une cellule unique « le zygote » passant par la formation d'un disque embryonnaire pour arriver à la fin après un mouvement de plicature à une forme humaine tridimensionnelle : l'embryon.

Les étapes du développement de l'embryon sont des phénomènes morphologiques complexes par leurs caractéristiques séquentielles (à chaque étape équivaut un modèle spécifique). La compréhension et la conception de ce processus vis-à-vis de l'étudiant exige une vision et plus loin une imagination du suivi des éléments constitutifs à travers les transformations successives et séquentielles. Ainsi, la caractéristique de cette discipline est qu'elle est relativement abstraite pour les apprenants vus les moyens d'enseignement actuel. Il en résulte une fatigue, un ennui et une démotivation de l'apprenant qui regarde cet enseignement comme un phénomène « barbant ». En effet, les apprenants ont du mal à concevoir la morphogenèse et l'organogenèse de l'embryon à partir des manuels et d'images schématiques statiques.

En parallèle, les obligations administratives tutélaires incitent à une réflexion sur la question de l'intégration de la multitude de données avec plus de flexibilité et de facilité sans se distancer des objectifs d'apprentissage. Ceci conduit à plusieurs propositions de refonte du curriculum.

Rappelons que le mode d'enseignement traditionnel de l'embryologie ne peut pas répondre à la dualité à laquelle sont confrontés les capacités de compréhension et de mémorisation de l'apprenant ; expliquer un phénomène dynamique avec une pédagogie statique. En psychologie de l'éducation, ceci est expliqué par la création d'un conflit cognitif d'adaptation chez l'apprenant. Ce conflit est source de retard et de mauvais résultats [4].

En outre, la transmission de l'apprentissage peut être dispensée de deux manières ; la classique et la moderne.

1. La classique concerne les connaissances déclaratives.

2. La moderne s'appuie sur l'introduction d'outils multimédia : internet, plate-forme, image 3D, vidéographie (connaissances d'action).

Mayer a défini l'outil multimédia par : « un message d'enseignement multimédia est une présentation comprenant des mots et des images qui vise à favoriser l'apprentissage significatif » [5].

Dans notre cas, on se base sur la deuxième approche c'est-à-dire l'utilisation d'outils multimédia à savoir la vidéographie 3D (La 3D signifie trois dimensions, ces dimensions permettent de définir un objet possédant trois axes X, Y, Z associés respectivement à la longueur, la hauteur et la profondeur) associée à une méthode de pédagogie active. Cette méthode se définit par une approche consistant en l'ensemble des stratégies pédagogiques mettant en avant le rôle central de l'étudiant dans sa propre démarche éducative et relevant de ce qu'on nomme l'apprentissage expérientiel, c'est à dire « apprendre en faisant » [6].

Les méthodes de pédagogie active s'inscrivent dans l'approche par compétence.

Quelle définition pour une compétence ?

La compétence est une intégration des habiletés, des connaissances et des capacités nécessaires à l'accomplissement d'une tâche spécifique.

Elle regroupe :

- Connaissance (savoir) : elle peut être nommée ou écrite (notion, règle, outil, fonctionnement...). C'est le résultat d'un processus.
- Capacité (savoir-faire) : elle est formulée en termes d'opération pour agir, elle permet la mise en œuvre des connaissances.
- Attitude (savoir-être) : c'est une prédisposition à l'action. Elles sont développées dans les situations d'apprentissage.

Notre travail est axé par une réflexion sur les connaissances procédurales de l'étudiant et de l'enseignant grâce à l'introduction de l'image 3D animée et commentée dans l'enseignement de l'embryologie humaine générale.

Question principale de la recherche :

L'outil multimédia tel que la 3D interactive associé à une pédagogie active : Peut-il apporter une solution aux difficultés d'apprentissage et de mémorisation de l'embryologie générale humaine ?

La réponse à cette problématique réside dans la réalisation des objectifs suivants :

1.2 Objectifs

1.2.1 Objectif principal

Analyser le renforcement des capacités cognitives, procédurales et collaboratives des apprenants en situation d'apprentissage de l'embryologie humaine avec l'outil 3D interactif.

1.2.2 Objectifs spécifiques

- Renforcer les compétences transversales de l'apprenant.
- Impliquer l'apprenant dans ses apprentissages.
- Intégrer la méthode de la classe inversée dans l'enseignement de l'embryologie.
- Comparer une pédagogie statique à une pédagogie active dans l'enseignement de l'embryologie générale.

Revue de la littérature

2 Revue de la littérature

Ce chapitre concerne la revue de la littérature sur notre travail de recherche portant sur les trois thématiques qui constitue le cadre de l'étude à savoir pédagogie, enseignement de l'embryologie et la technologie utilisée dans cet enseignement.

2.1 Pédagogie

2.1.1 Définition

Le terme pédagogie provient du grec « *pais* : l'enfant » et « *agôgué* : conduire, mener, accompagner ». Dans l'antiquité grecque, le pédagogue était un esclave chargé de conduire l'enfant à l'école et faisait office de surveillant et conseiller.

Récemment la définition adoptée est celle proposée par Françoise Clerc, professeure émérite en sciences de l'éducation à l'Université de Lyon comme suit : « c'est l'ensemble des savoirs scientifiques et pratiques, des compétences relationnelles et sociales qui sont mobilisées pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies d'enseignement » [7].

Suite aux travaux de psychologues et spécialistes en sciences sociales et de l'éducation, plusieurs théories de l'apprentissage ont été développées ; du behaviorisme au socio constructivisme et connectivisme, elles ont été abordées en premier lieu dans cette partie. En second lieu, sera abordé les approches en pédagogie, en fin sera traité la théorie de l'architecture cognitive.

2.1.2 Aspects évolutifs des théories de l'apprentissage

Le behaviorisme, le cognitivisme, le constructivisme et le socioconstructivisme (figure 2) sont les grands paradigmes qui ont marqué le monde de l'éducation depuis le milieu du vingtième siècle.

Le paradigme est selon Guilbert « un système de croyances fondamentales ou une vision du monde », les approches pédagogiques sont des cadres de références qui standardisent la construction des savoirs. « Ils sont partagés par les chercheurs qui travaillent au sein d'une même communauté scientifique » [8].

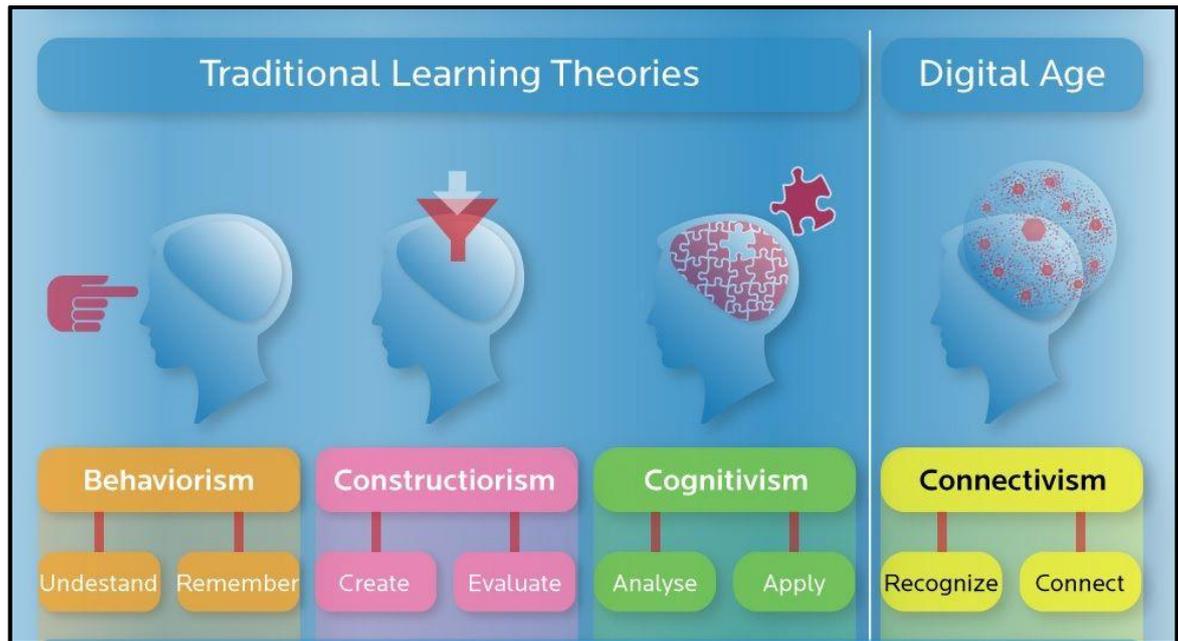


Figure 2. Théories de l'apprentissage [9]

2.1.2.1. Le béhaviorisme

Ce courant a été développé au milieu du vingtième siècle par Watson et Skinner [10]. Pour les behavioristes, l'apprentissage est défini comme une modification durable des comportements. Un comportement étant l'ensemble des réactions objectivement observables d'un organisme qui réagit à un stimulus. L'objectivisme qui stipule qu'il existe une réalité externe, objective, séparée de la conscience est une croyance fondamentale des behavioristes.

Par ailleurs, pour les behavioristes les comportements des individus sont déterminés par des conditions de l'environnement. Ces conditions façonnent les comportements, ce qui sera déterminant dans le choix de stratégies pédagogiques.

Les applications de cette théorie en éducation sont très nombreuses. On retrouve l'enseignement programmé, la pédagogie de la maîtrise et plus particulièrement l'approche par objectifs, appelée également la pédagogie par objectifs [8].

Ce courant pédagogique se base principalement sur l'exposé magistral et la pratique répétée pour accroître la rétention des apprentissages. Les objectifs d'enseignements sont précis et morcelés en petites unités d'apprentissage d'ordre défini. Les apprentissages

poursuivis sont de l'ordre de la mémorisation, du rappel de faits, de la définition et illustration des concepts ainsi que de l'exécution automatique des procédures. L'évaluation des acquis se fait au moyen d'examens où il est simplement demandé à l'étudiant de donner la bonne réponse [7].

2.1.2.2. Le cognitivisme

Le cognitivisme développé par Miller et Bruner, définit l'apprentissage comme un changement dans les structures mentales ou représentations internes des individus. C'est un processus actif de traitement de l'information et de résolution de problèmes.

La vision de l'éducation qui découle de ce paradigme met donc l'accent sur l'engagement mental et actif des apprenants durant l'apprentissage afin qu'il puisse traiter les informations en profondeur [8].

Le rôle de l'enseignant est alors d'aider l'étudiant à sélectionner, encoder et organiser l'information. Cette approche permet également une variété d'itinéraires d'apprentissage qui prend en compte la variabilité individuelle de chaque étudiant [7].

2.1.2.3. Le constructivisme

Le constructivisme a été mis en place par le psychologue Piaget au début des années 70 suite à ses travaux sur le développement de l'enfant. Pour ce chercheur, le savoir n'est ni inné, ni transmis par l'environnement [8].

L'approche constructiviste considère que l'apprentissage n'est pas uniquement une transmission de connaissances mais doit prendre en compte les processus mentaux utilisés (ce qui se passe dans la boîte noire) par l'apprenant dans le traitement de l'information pour la résolution du problème [11].

En fait, l'apprenant construit sa propre vision du monde à partir de ses interactions avec ce dernier. L'enseignant a pour rôle de stimuler la curiosité, de mettre les conceptions à l'épreuve et oriente l'étudiant vers une interprétation personnelle des choses et non plus vers des buts d'apprentissage définis. Ici, l'apprenant a un rôle très actif dans sa formation, il est le décideur de sa démarche de construction du savoir [7].

2.1.2.4. Le socioconstructivisme

Le socioconstructivisme, prolongement du constructivisme est né des travaux du psychologue Vygotsky. Cette approche met l'accent sur le rôle sociohistorique et les interactions sociales dans la construction des connaissances [8].

Elle postule également que l'acquisition de connaissances durables est favorisée par la prise en compte de l'environnement social dans lequel elle est située. Les apprentissages ont lieu via des processus interactionnels « individu-groupe », « groupe-environnement ». Le savoir n'est plus exclusivement transmis par un enseignant mais résulte de l'activité d'un groupe agissant sur un environnement spécialement aménagé par l'enseignant [12].

Selon les socioconstructivistes l'apprentissage est présenté comme une activité conflictuelle : conflit entre les conceptions préalables et celles qui émergent d'une analyse logique d'une situation, et conflit entre individus d'avis différents qui argumentent pour défendre leurs positions. Le conflit sociocognitif serait alors le moteur de l'apprentissage, permettant à l'apprenant de reconstruire un savoir plus robuste.

Suivant cette théorie, chaque membre d'un dispositif d'apprentissage est *de facto* un acteur potentiel de l'apprentissage des autres membres. C'est le fondement des méthodes d'enseignement basées sur le travail collaboratif [13].

Les socioconstructivistes favorisent l'apprentissage contextualisé au sein d'environnements dynamiques, tels que les environnements d'apprentissage informatisés, dans lesquels les outils de collaboration occupent une place très importante. Ces outils favorisent la création de communautés d'apprentissage [8].

2.1.2.5. Le connectivisme

Le connectivisme est une nouvelle approche développée par George Siemens et Stephen Downes au début du 21^{ème} siècle. Il interroge le processus de l'apprentissage à l'ère du numérique et dans un monde connecté en réseaux en s'appuyant sur les limites du behaviorisme, du cognitivisme et du constructivisme [14].

Guité (2004) caractérise le connectivisme comme un modèle d'apprentissage qui reconnaît les bouleversements sociaux occasionnés par les nouvelles technologies, lesquelles font en sorte que l'apprentissage n'est plus seulement une activité

individualiste et interne, mais est aussi fonction de l'entourage et des outils de communication dont on dispose [15].

Behaviorisme	Cognitivism	Constructivisme	Socio-constructivisme	Connectivisme
Début du XX ^e siècle	1956	1975	1985	2005
				
J. WATSON	G. MILLER & J. BRUNER	J. PIAGET	L. VYGOTSKY	G. SIEMENS & S. DOWNES
L'acquisition de connaissances se fait par paliers successifs via un renforcement positif des réponses justes et comportements à valoriser	L'apprenant enregistre des informations provenant de l'extérieur, les trie et les réutilise quand ils en ont besoin	L'apprenant apprend quand il essaie de comprendre son expérience et s'approprie la connaissance	L'acquisition de connaissances se fait grâce aux interactions sociales	La progression des nouvelles technologies dans nos vies modifie nos façons d'apprendre : on apprend désormais par le biais de toutes les interactions permises par les réseaux
Le pédagogue est le détenteur du savoir	L'enseignant est un gestionnaire des apprentissages	L'enseignant doit recréer des situations d'apprentissage complexes similaires à celles que retrouve l'apprenant dans sa vie	L'enseignant doit favoriser les interactions entre élèves et les débats	L'enseignant doit s'approprier les possibilités des nouvelles technologies pour favoriser la collaboration et la recherche de ressources
L'apprenant est passif : c'est un « vase vide »	L'apprenant est passif : son cerveau fonctionne comme un ordinateur	L'apprenant est actif : il construit son savoir en se basant sur ses expériences	L'apprenant est actif : il est autonome dans ses apprentissages par rapport à l'enseignant mais fait partie d'une communauté d'apprentissage	L'apprenant est actif : il apprend en pratiquant et réfléchissant

Figure 3. Représentation récapitulative des courants pédagogiques[16]

2.2 Approches en pédagogie

2.2.1 L'approche par objectifs

L'approche par objectifs est une technologie éducative prônée par Tyler. Apparue aux États-Unis au cours des années 1950 d'abord dans un contexte socio-économique, celui de l'industrie automobile, elle s'est ensuite diffusée dans le domaine éducatif à travers les travaux de Bloom. Elle s'articule sur trois concepts principaux qui sont : un comportement observable, un objectif général et un objectif spécifique [17].

Dans un ouvrage à visée didactique, De Landsheere rappelle que les notions d'objectifs pédagogiques se sont développés pour répondre à la nécessité d'introduire davantage de rigueur dans les dispositifs de formation. Dans un contexte marqué par la double augmentation exponentielle des savoirs et du nombre d'étudiants à former, il s'agissait de formaliser le contrat didactique entre les enseignants et les étudiants et d'énoncer clairement ce que ces derniers devaient apprendre [18].

2.2.2 L'approche par compétence

Il s'agit d'un courant de réflexion pédagogique exploitant la notion de compétence pour structurer et orienter les dispositifs d'enseignement supérieur dédiés à la formation professionnelle. Cette approche s'est développée à partir de 1980 aux Etats-Unis. Elle a graduellement pris de l'ampleur et s'est rapidement étendue au milieu européen, notamment anglo-saxon, ces dernières années.

L'objectif de l'approche par compétence est de développer des compétences chez l'apprenant ; Mais : Qu'est-ce qu'une compétence ?

Une compétence est (figure 4) [19] :

- Un ensemble de savoirs, savoir-faire et savoir être.
- Apprentissage basé essentiellement sur les situations problèmes
- Chaque compétence se démultiplie en objectifs d'apprentissage ;
- Chaque objectif se décline par des actions pédagogiques précises

Tardif considère que : « une compétence est un savoir-agir complexe prenant appui sur la mobilisation et la combinaison d'une variété de ressources internes et externes à l'intérieur d'une famille de situations ». Il en souligne :

a) le caractère intégrateur ; chaque compétence fait appel à une multitude de ressources de nature variée.

b) le caractère combinatoire ; chaque compétence s'appuie sur une combinaison différenciée de ressources, ce qui permet de résoudre différents problèmes de la même famille de situations concernée.

c) le caractère développemental ; les aptitudes sont des compétences en développement et chaque compétence se développe tout au long de la vie.

d) le caractère contextuel ; chaque compétence est mise en œuvre à partir de contextes particuliers qui orientent l'action.

e) le caractère évolutif ; chaque compétence est conçue afin d'intégrer de nouvelles ressources et de nouvelles situations sans pour autant être dénaturée [18].

Par conséquent, l'approche par compétence « cherche à développer la possibilité par les apprenants de mobiliser un ensemble intégré de ressources pour résoudre une situation-problème appartenant à une famille de situations. » [17]. Un des effets premiers de l'adoption de l'approche par compétence à l'université est la diversification des formes pédagogiques. Au mode classique et dominant du cours magistral vient s'ajouter ou se substituer une multitude d'offres d'activités (mises en situation, études de cas...) constituant autant d'opportunités d'apprentissage. Les acquis visés par l'apprentissage constituent un élément central de détermination des choix de méthodes pédagogiques ; et le processus d'évaluation [20].

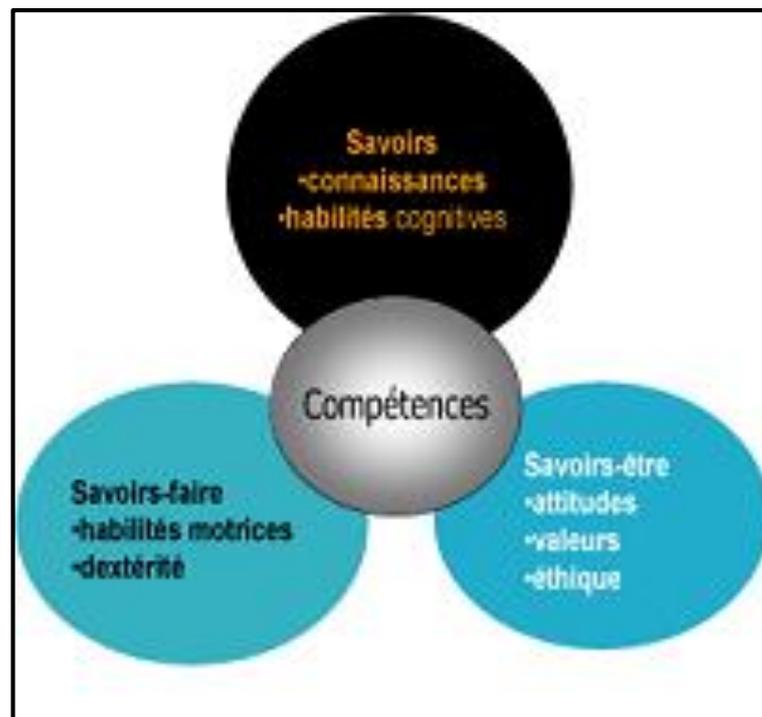


Figure 4. Les composants de la compétence[21]

Cette approche vise à la professionnalisation des offres de formation ; et aussi à introduire plus facilement l'étudiant dans le marché du travail. Donc cette approche vise à créer plus de passerelles entre l'université et le monde de l'emploi. Le savoir ne suffit plus mais

développer des compétences à différents niveaux devient le prérequis de chaque étudiant ou future médecin surtout pour les spécialités à vocation manuelle plus que cérébrale (chirurgie, gynécologie).

2.3 Théorie de la charge cognitive

La théorie de la charge cognitive a été élaborée à partir des travaux pionniers de Sweller. Il a consacré ses travaux depuis près de trente ans à la charge cognitive et à ses effets sur l'apprentissage.

L'objectif de Sweller et de ses collaborateurs a été :

- D'identifier ce qui augmente la charge cognitive et gêne l'apprentissage
- De concevoir différentes techniques pour faire baisser la charge cognitive et faciliter l'apprentissage.

Il a obtenu plusieurs résultats principaux :

- La charge cognitive imposée par de nombreuses stratégies de résolution des problèmes, tout en n'empêchant pas d'atteindre la solution du problème, gêne l'apprentissage.
- Beaucoup de techniques didactiques exigent des apprenants qu'ils traitent les sources d'information multiples qui doivent être mentalement intégrées, ce qui impose une charge cognitive lourde qui gêne l'apprentissage.
- Le matériel didactique entraînant un effet de " dédoublement de l'attention " peut être amélioré en présentant une certaine partie de ce matériel sous forme auditive.
- La charge cognitive imposée par des techniques didactiques est appropriée seulement quand les matériaux qui incorporent des éléments interagissant l'un sur l'autre fortement doivent être appris simultanément plutôt que successivement[22].

2.3.1 Définition

La charge cognitive ou charge mentale mesure la quantité de ressources mentales mobilisées par un sujet pour réaliser une tâche.

La théorie de la charge cognitive s'appuie sur l'hypothèse généralement admise en sciences cognitives de l'architecture cognitive partagée en plusieurs systèmes de mémoire : mémoire sensorielle, mémoire de travail et mémoire à long terme [22].

L'architecture cognitive s'organise autour :

- D'une mémoire à long terme (MLT) avec capacité de stockage quasi illimitée.
- D'une mémoire de travail (MDT) avec capacité de stockage limitée pour les connaissances nouvelles.

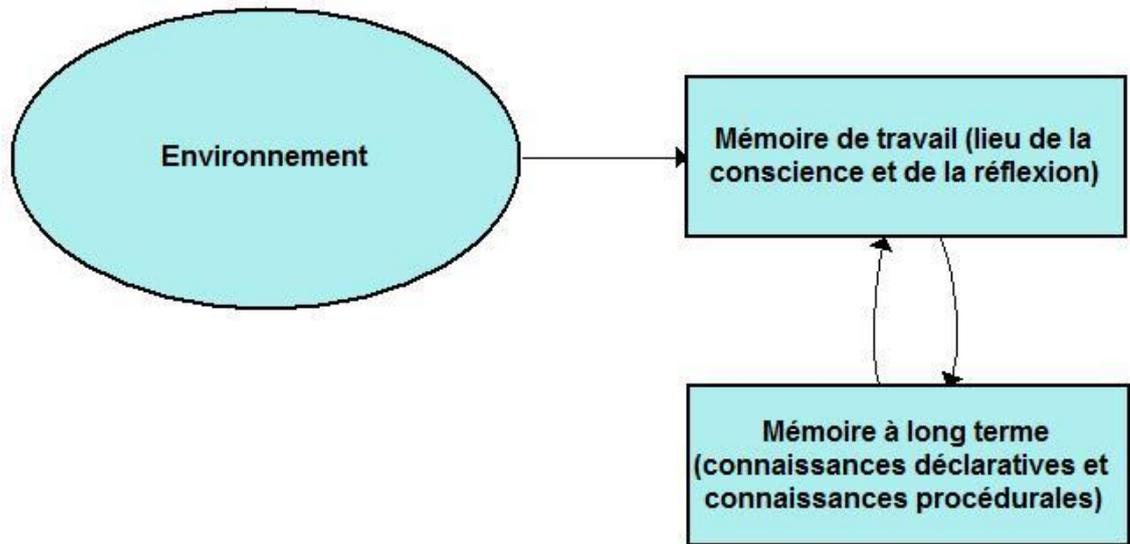


Figure 5. Interaction entre mémoire de travail et mémoire à long terme et influence de l'environnement [23]

La mémoire de travail permet à la fois l'utilisation des connaissances que l'individu possède déjà et le traitement des informations nouvelles. Les processus qui permettent de combiner les connaissances et les informations nouvelles permettent la construction des connaissances nouvelles, qui pourront, à leur tour, être encodés dans la mémoire à long terme (figure 5) [22].

2.3.2 Types de charge cognitive

2.3.2.1. Intrinsèque

Elle est directement liée à la tâche à effectuer et est déterminée par la quantité d'éléments à traiter ainsi que par leur degrés d'interactivité. Pour une tâche donnée, elle est donc fixe mais peut varier en fonction du niveau de connaissance de l'individu [24].

2.3.2.2. Extrinsèque :

Elle renvoie aux ressources allouées à tout ce qui ne concoure pas directement à l'activité d'apprentissage, c'est-à-dire principalement à la manière dont sera présentée

l'information. Elle doit être réduite pour permettre de libérer des ressources utiles en mémoire de travail [24].

2.4 Pédagogie active

La pédagogie active se définit, par une approche où « l'activité motrice et intellectuelle de l'étudiant est le principal catalyseur du développement et de la structuration de ses savoirs, de ses habiletés et de ses attitudes ». Autrement dit, il s'agit de l'ensemble des stratégies pédagogiques qui mettent en avant le rôle central de l'étudiant dans sa propre démarche éducative et qui relèvent de ce qu'on nomme l'apprentissage expérientiel, c'est à dire "apprendre en faisant" [6] [25].

Les changements dans les caractéristiques des étudiants, le climat économique et les technologies Internet ont rendu l'environnement éducatif contemporain différent de ce qu'il était il y a seulement dix ans. En conséquence, de nombreux éducateurs examinent de nouveaux modèles d'enseignement pour former des diplômés qui réussissent dans la société [26].

Afin de s'éloigner des méthodes d'enseignement passives, les éducateurs mettent en œuvre des méthodes innovantes, telles que la classe inversée pour promouvoir l'apprentissage actif tout en respectant une variété de styles et de préférences d'apprentissage [27].

Outre la classe inversée, d'autres méthodes peuvent être utilisées en pédagogie active telles que [7] [28] :

- L'apprentissage par problèmes (APP).
- L'apprentissage par projet.
- L'apprentissage par cas.
- L'apprentissage par l'expérience.
- La résolution de problèmes par les pairs.
- Les médias d'apprentissage actif amélioré par la technologie incluant la réponse du public, les podcasts, webinaires, MOOC, les simulations de patients virtuels, et les jeux en ligne.

- Les nouveaux médias incluant les plateformes d'immersion médiatisées pour la génération néo-millénaire actuelle, telles que la réalité virtuelle, et la technologie portable.

Toutes ces méthodes placent l'étudiant en situation active (figure 6) d'acquisition de savoirs, savoir-faire et savoir-être à l'opposé des méthodes traditionnelles (développées ci-dessous) qui placent l'étudiant en situation passive.



Figure 6. Méthode en Pédagogie active [29]

De plus, elles permettent d'assurer une cohérence entre les situations d'apprentissage proposées aux étudiants et les situations professionnelles auxquelles ils seront confrontés dans leur futur métier, les amenant à prendre conscience de leur environnement et à le gérer de façon responsable [7].

De même, la conception de l'espace et de l'infrastructure en classe a un impact sur la mise en œuvre des méthodes de pédagogie active dans une salle de classe. Un certain nombre d'universités ont conçu des salles de classe destinées à faciliter l'utilisation des techniques d'apprentissage actif. Dans ces espaces, les étudiants sont assis autour de tables plutôt que dans des rangées traditionnelles et sont dotés de technologies [30].

2.4.1 Classe d'apprentissage actif

Dans de nombreuses salles de classe traditionnelles, l'aménagement de la salle reflète l'hypothèse selon laquelle le cours magistral est le principal mode d'enseignement. D'autres modes d'enseignement plus interactifs peuvent être difficiles à essayer. Les obstacles comprennent les problèmes de sièges fixes et de visibilité directe posés par les tableaux noirs, les écrans et les pupitres installés[31].

Les classes d'apprentissage actif (Active Learning Classrooms - ALC) (figure 7) sont des espaces d'apprentissage spécialement conçus pour optimiser la pratique de l'apprentissage actif et amplifier ses effets positifs chez les apprenants dès le plus jeune âge jusqu'au niveau universitaire[32].

Les salles de classe d'apprentissage actif (ALC) ont été identifiées comme une technologie stratégique de premier plan dans l'enquête EDUCAUSE de 2017 auprès des leaders des technologies de l'information de l'enseignement supérieur. C'était la première fois que les ALC se classaient parmi les dix premiers, et ils sont entrés dans la liste au premier rang [33].

L'équipement standard de ces salles est le suivant : tables et chaises mobiles (multicolores ou grises, équipées de tablettes ou non), prises électriques dans les tables, écrans TV par îlot, vidéoprojecteur principal, système vidéo de partage des écrans sur l'écran central, tableau blanc. Certaines salles disposent également de paperboards, d'un pupitre mobile, d'un tableau blanc interactif et d'un système de sonorisation [34].

Les principaux avantages rapportés pour les étudiants par les enseignants et les étudiants eux-mêmes ont trait à une perception de valeur élevée (utilité et intérêt pour les TIC et pour les approches pédagogiques, utilité du travail d'équipe), à la collaboration (interactions sociales positives), ainsi qu'à un engagement cognitif plus grand. Du point de vue des enseignants, il semble que les exigences élevées rapportées par ceux qui œuvrent dans le contexte des classes d'apprentissage actives invitent à une préparation particulièrement soignée avant d'entrer en action. Cette préparation devrait non seulement porter sur la planification des activités d'apprentissage à réaliser, mais aussi sur la conduite de ces activités et sur des techniques de gestion de classe à utiliser dans ce contexte [35].



Figure 7. Modèle de classe d'apprentissage actif

2.5 Méthodes d'enseignement

Les méthodes d'enseignement déterminent la nature, le rôle respectif et la relation établie entre les trois acteurs du triangle pédagogique (figure 8) que sont l'enseignant, les apprenants et le savoir.

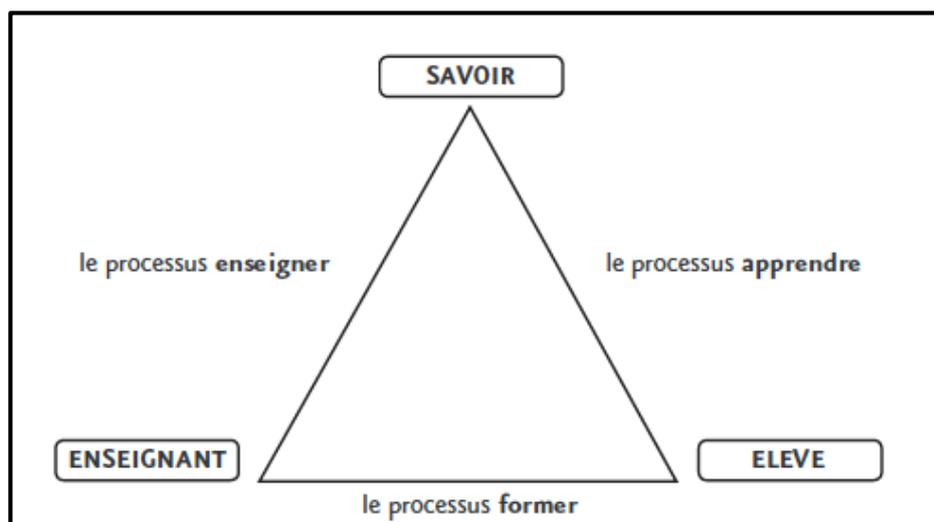


Figure 8. Le triangle pédagogique de J.Houssaye [36]

La littérature oppose bien souvent deux grands types de méthodes : d'une part les méthodes « traditionnelles » reposant sur un processus de transmission par lequel le savoir est directement donné aux élèves sensés l'enregistrer et l'accumuler. D'autre part les méthodes « actives », quant à elles, ont pour but d'impliquer l'apprenant dans ses propres apprentissages [37].

2.5.1 Méthodes d'enseignement traditionnelles

2.5.1.1. Le cours magistral



Figure 9. le cours magistral un modèle dont on ne peut se séparer [38]

Les cours magistraux (figure 9) sont le mode d'enseignement prédominant depuis la création des universités en Europe occidentale il y a plus de 900 ans [39].

Il a été dénommé également exposé magistral, méthode traditionnelle, enseignement traditionnel, présentation orale, pédagogie transmissive, pédagogie magistrale [40].

A l'origine, il s'agissait d'une lecture mot à mot par le maître qui en faisait ensuite le commentaire. Il reste encore aujourd'hui le moyen de transmission des connaissances le plus utilisé, notamment en pédagogie médicale [7].

Il présente plusieurs avantages, en permettant idéalement : d'établir un premier contact entre enseignant et étudiant ; d'exposer les objectifs pédagogiques et de donner des

éléments de motivation aux étudiants ; de délivrer un message structurant accentuant les points essentiels et l'information utile et pertinente, même si l'exposé n'est pas exhaustif; de présenter une information régulièrement actualisée ; de conseiller sur les modalités du travail personnel, de répondre aux interrogations des étudiants ; etc. [41].

Cependant, le cours magistral est très critiqué en raison de son manque d'interactivité, le cours magistral et l'approche du « j'enseigne comme on m'a enseigné » sont remis en question au profit d'une forme d'apprentissage plus attractive pour les étudiants [7].

Avec son style ex-cathedra, le cours magistral place l'enseignant en dépositaire du savoir et l'enseigné affamé venant ramasser quelques informations.

Loin de dénigrer nos maîtres à penser, le 21^{ème} siècle a changé la donne en développant la 4^{ème} révolution des cyber-physiques espaces et les nouvelles technologies acculant l'enseignant à développer son profil, sa mission et sa méthode pédagogique.

2.5.1.2. Les travaux dirigés

Dans l'enseignement supérieur, et plus particulièrement en sciences médicales, les travaux dirigés tiennent depuis longtemps une place importante à côté du cours magistral. Ils ont pour objectif de favoriser l'activité de l'étudiant, le contact avec ses pairs ainsi qu'avec l'enseignant et offrent la possibilité d'un approfondissement ou d'une mise en application du cours magistral [42].

2.5.1.3. Les travaux pratiques

Il s'agit d'une méthode d'enseignement qui s'effectue en petits groupes d'étudiants, pour permettre de concrétiser la théorie apprise en cours via des expériences. Les TP stimulent la curiosité des étudiants en leur permettant d'observer et de se poser des questions.

Ils permettent aussi de développer un esprit d'initiative et surtout l'esprit critique quand il s'agit d'analyser et d'interpréter les résultats. Ils permettent la confrontation à une réalité « concrète » et contribuent à l'appropriation ou à la compréhension des phénomènes [43].

2.5.2 Méthodes d'enseignement actives

Il existe plusieurs méthodes d'enseignement actives. Dans ce travail, nous présentons uniquement les méthodes qu'on a appliquées dans notre démarche pédagogique.

2.5.2.1. Le travail collaboratif/l'apprentissage en groupe

L'apprentissage en groupe (ou team based learning ; TBL en anglais) est un modèle pédagogique d'apprentissage en petits groupes. C'est un style d'approche pédagogique d'apprentissage actif de plus en plus populaire dans le monde. Il a été initialement développé par le Dr Larry Michaelsen en 2005 pour une utilisation dans les écoles de commerce. Dans la pédagogie traditionnelle LBL (lecture-based learning), les apprenants mémorisent principalement le contenu dispensé par l'enseignant, tandis que la TBL est une méthode pédagogique d'apprentissage actif [44].

Il s'agit d'une stratégie pédagogique qui combine une préparation hors classe indépendante pour une discussion en classe en petits groupes. Cette approche a été adoptée avec succès par un certain nombre d'enseignant en sciences médicales dans certains pays comme le Japon, l'Inde, le Singapour, le Sultanat d'Oman, les États-Unis, le Liban et l'Australie [45].

La méthode TBL améliore la motivation d'apprentissage des apprenants, puis les pousse à appliquer ces connaissances pour résoudre des problèmes et combiner théorie et pratique [44].

Au décours du travail collaboratif se dessine l'écriture collaborative, une énorme avancée dans les travaux de collaboration ou même de coopération.

Elle comporte de nombreux avantages, la concertation, le partage d'expérience, la communication, le travail à distance etc. Comment serait une musique dont la partition serait écrite en collaboration par Mozart et Beethoven ou un livre coécrit par Proust et Gide.

2.5.2.2. La classe inversée

Un large éventail de solutions proposées tente de combler les lacunes apparentes des modèles éducatifs actuels. Le nombre croissant de publications souligne constamment la nécessité de repenser le modèle traditionnel de cours en classe, basé sur des

conférences. L'une de ces propositions est la classe inversée, dans laquelle le contenu est « déchargé » pour que les étudiants apprennent par eux-mêmes. Le temps de classe est consacré à engager les étudiants dans des activités centrées sur l'apprentissage (figure 10), comme l'apprentissage par problème et les stratégies orientées vers l'enquête [46] .

Lage et al [47] ont décrit également, la classe inversée comme une méthode « où des événements qui se sont traditionnellement déroulés à l'intérieur de la salle de classe se déroulent désormais en dehors de la salle de classe et vice versa ». Le matériel de cours traditionnel est « déchargé » pour que les étudiants apprennent en dehors de la classe, libérant ainsi du temps en classe pour des activités plus enrichissantes. Kim et al [48] ont identifié des principes de conception cruciaux pour les salles de classe inversées. Chacun de ces principes suit une philosophie d'enseignement centrée sur l'apprenant, qui incite et guide efficacement les étudiants dans leur approche de l'apprentissage. Les principes les plus saillants donnent aux étudiants l'occasion de se familiariser avec le contenu avant le cours, les incitent à se préparer pour le cours et à établir un lien clair entre les activités en classe et hors classe [49].

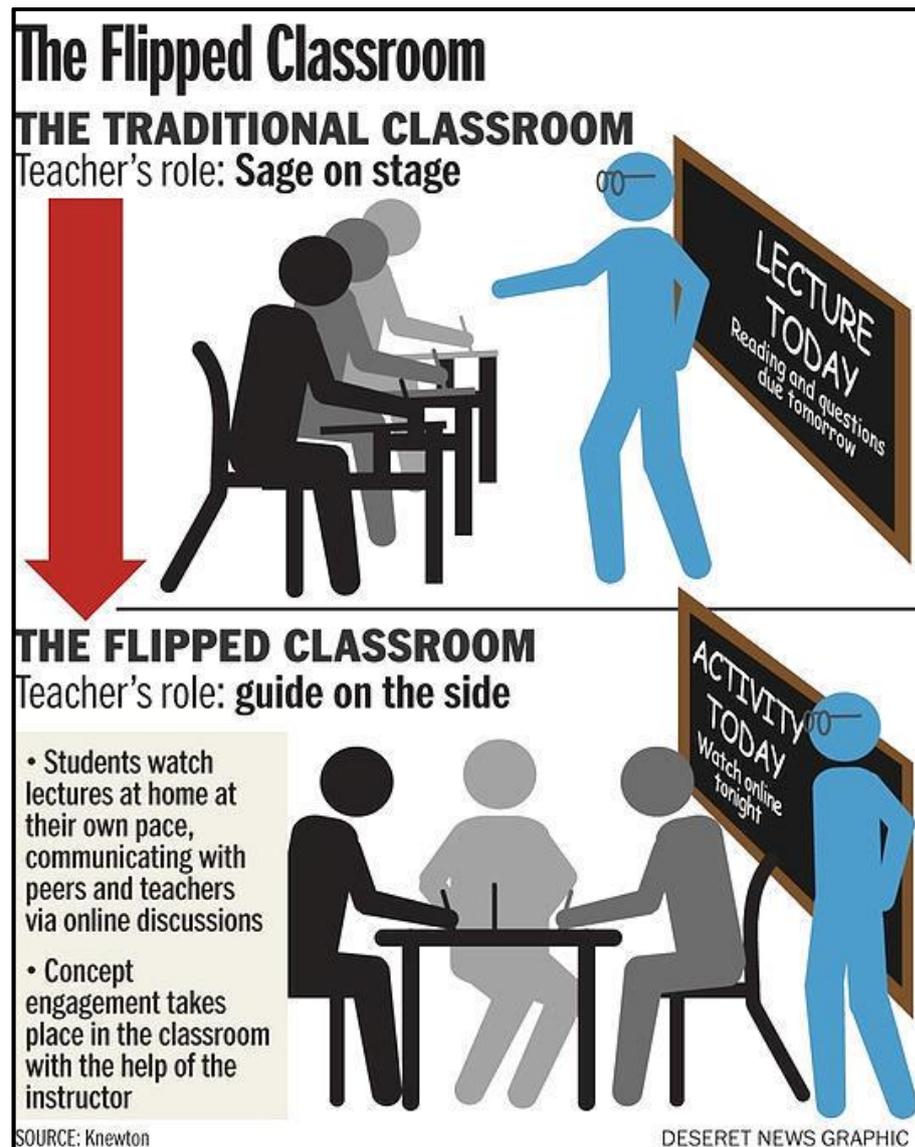


Figure 10. Schéma de la classe inversée [50]

2.5.2.3. Méthode d'enseignement mixte

Avec les nouveaux progrès, l'approche traditionnelle de la conférence didactique peut être redéfinie en la combinant avec un apprentissage en ligne. La méthode de combinaison de l'apprentissage électronique et de l'apprentissage présentiel, appelée apprentissage mixte gagne en popularité, car de plus en plus de facultés de médecine utilisent Internet comme référentiel numérique de forums d'enseignement et d'apprentissage. L'apprentissage en ligne s'est avéré efficace, en particulier lorsqu'il est associé à un enseignement présentiel dans un format d'apprentissage mixte[51].

Selon les travaux de Tony Bates [52] [53] l'enseignement est dispensé suivant trois manières:

- L'enseignement en classe sans aucun recours à la technologie.
- L'apprentissage mixte qui fait appel à un usage plus au moins spécifique de la technologie.
- L'apprentissage entièrement en ligne, soutenue par une plateforme technopédagogique assurant toutes les fonctionnalités nécessaires dans le cadre d'une formation.

Il décrit également les modalités de l'enseignement mixte qui peut se décliner sous plusieurs formes :

- Un enseignement en classe où la technologie est utilisée comme aide en salle de classe.
- Un enseignement qui s'appuie sur un système de gestion de contenu.
- Une alternance entre une période présentielle et distancielle (par exemple un semestre présentiel et un semestre distanciel ou une période présentielle courte entre deux longues périodes distancielles).
- Un apprentissage hybride où une grande partie du travail est faite en ligne.

Cette dernière forme demande que l'enseignement soit conçu et pensé de manière à permettre aux étudiants de travailler lors des périodes distancielles.

2.6 Embryologie

L'embryologie demeure un outil important en sciences médicales pour la gestion de nombreuses conditions cliniques [54]. Avec une plus grande connaissance des mécanismes de développement et le rythme rapide de l'innovation technologique dans le domaine, l'embryologie devient une composante de plus en plus importante du programme d'études médicales.

Cependant, il n'y a pas une seule base de connaissances ou de méthode pour présenter l'embryologie dans le programme d'études médicales[55]. En tant que matière, elle n'est ni simple ni facile à apprendre et à enseigner dans un programme de médecine moderne et peut être facilement négligée, ceci a conduit les équipes de recherche à développer des

approches pédagogiques variées ainsi que divers outils afin de palier à cette problématique.

2.6.1 Les méthodes d'enseignement en embryologie

Les approches pédagogiques de l'embryologie médicale ne diffèrent pas beaucoup de celles utilisées pour d'autres matières du programme de médecine, mais la matière présente des défis uniques.

Dans la plupart des facultés de médecine, l'embryologie est enseignée en utilisant le cours magistral, généralement sans travaux de laboratoire, mais avec des quantités variables de documents à distribuer[55].

Bien que la conférence magistrale traditionnelle soit considérée comme efficace pour présenter des informations et fournir des explications, elle ne donne généralement pas suffisamment de temps pour des activités d'apprentissage approfondi. Ainsi, la conférence traditionnelle est l'une des méthodes éducatives les plus critiquées[56].

En raison également des heures d'enseignement de l'embryologie réduites ces dernières années, une augmentation du nombre d'inscriptions et le niveau des étudiants qui est inégal, les méthodes d'enseignement traditionnelles des sciences morphologiques telle que l'embryologie ne peuvent pas répondre aux besoins d'enseignement du XXI^e siècle [57].

En effet, Les cours magistraux ne fournissent généralement pas assez de temps de contact pour des activités d'apprentissage plus approfondies. C'est particulièrement le cas si les étudiants deviennent des destinataires passifs d'importantes quantités d'informations, ce qui les laisse avec une capacité mentale limitée pour s'engager activement dans le processus d'apprentissage[51].

Au cours des dernières années, l'enseignement a été révolutionné avec l'adoption de nouvelles méthodes d'enseignement et d'apprentissage avec conférences PowerPoint, les modèles et animations tridimensionnels virtuels sont également de plus en plus utilisés. Ils permettent aux étudiants de visualiser plus en détail les relations spatiales entre les structures embryonnaires et leur développement dans le temps [55] [58].

A ces outils pédagogiques s'ajoute l'apprentissage sur le Web utilisé actuellement dans la quasi-totalité des facultés de médecine américaine. Il est de plus en plus courant que des

cours entiers, y compris les illustrations fixes, soient diffusés sur des sites Web sécurisés au profit des étudiants.

Au fur et à mesure que la capacité de support Internet augmente, la quantité et la complexité des chiffres associés au texte augmentent également. Des animations ont été préparées au fil des années pour certains processus embryologiques, tels que la fécondation, le transport de gamètes et d'embryons, le repliement de l'embryon, la rotation intestinale et la septation du cœur, mais en raison de la complexité et du coût elles restent limitées[55].

2.6.2 Outils pédagogiques d'enseignement de l'embryologie

Nous recensons plusieurs outils utilisés par les éducateurs médicaux allant de moyens simples à des outils développés, mais l'impact de certains de ces outils sur l'apprentissage n'a pas été évalué.

D'une manière générale et suivant n'importe quel outil d'apprentissage (modèles 3D, environnement virtuel d'apprentissage, atlas 3D, screencast, vidéos pédagogiques), l'un des objectifs principaux devrait être de diminuer la charge cognitive.

2.6.2.1. Les modèles 3D

Les progrès en infographie ont permis à plusieurs équipes de recherches de produire des modèles 3D illustrant le développement embryonnaire.

Schleich et al [59] ont développé une animation 3D du processus d'embryogenèse du cœur normal. Un groupe d'experts en embryologie cardiaque composé de cardiologues, de pédiatres-cardiologues et d'embryologistes a synthétisé les données contenues dans les principaux manuels d'embryologie. Les objets 3D obtenus montrent que l'imagerie virtuelle peut améliorer considérablement la compréhension des systèmes complexes.

Yamada et al [60] ont obtenu des images 3D à partir d'embryons et de fœtus stockés au Congenital Anomaly Research Center (Kyoto Collection of Human Embryos, Kyoto, Japon) à l'aide de plusieurs modalités, notamment l'imagerie par résonance magnétique, la capture d'images par fluorescence épiscopique et la tomographie par rayons X. À l'aide des images acquises, des graphiques informatiques 3D ont été générés et un film a été créé pour mieux comprendre le processus de développement. À des fins éducatives, du matériel d'auto-apprentissage a également été produit.

2.6.2.2. Environnement virtuel d'apprentissage

D'autres équipes de recherche se sont intéressés au développement de modèles virtuels d'apprentissage qui permettent aux apprenants d'interagir avec des modèles d'embryon en 3D.

Garcia et al [61] ont élaboré un environnement virtuel d'apprentissage EMBRIO v2.0 (figure 11) qui contient des modèles tridimensionnels d'embryons et de fœtus humains basés sur une recherche bibliographique approfondie. Cet environnement est en cours d'évaluation et les résultats sur l'apprentissage n'ont pas encore été établis.

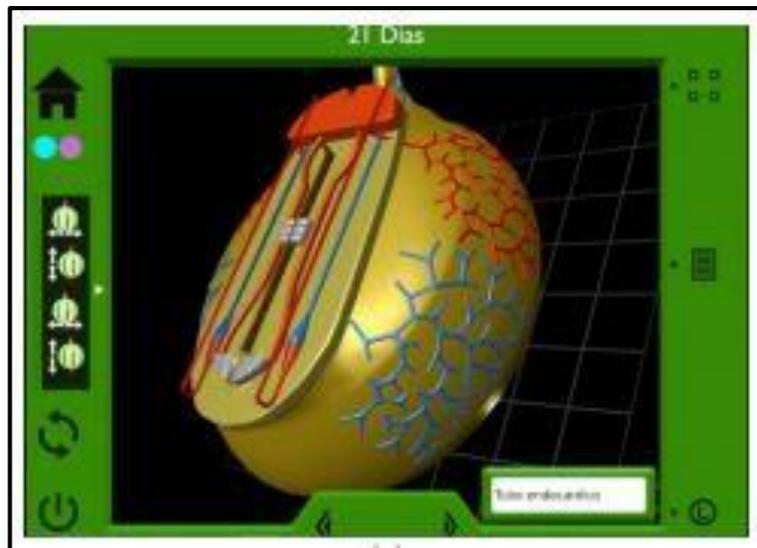


Figure 11. Exemple de l'interface du logiciel EMBRIO v2.0 [61]

Azkue et al [62] ont développé un outil numérique permettant la visualisation et l'annotation graphique et textuelle de modèles embryonnaires en 3 dimensions.

2.6.2.3. Atlas 3D

De Bakker et al. [63] ont généré des reconstructions numériques interactives en trois dimensions (figure 12) basées sur la collection Carnegie d'embryons humains sectionnés histologiquement couvrant les 2 premiers mois de gestation. A partir de ces reconstructions, un atlas numérique avec 14 modèles interactifs en trois dimensions de l'embryologie humaine et une base de données englobant 34 embryons couvrant les 2 premiers mois du développement humain a été élaboré.

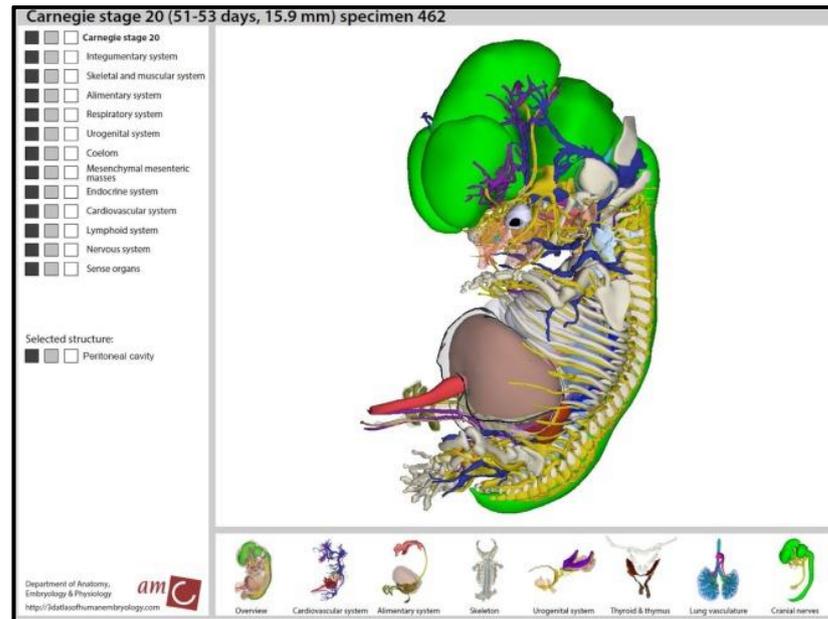


Figure 12. Exemple de l'interface d'un 3D-PDF de l'Atlas 3D de l'embryologie humaine [63]

Chekrouni et al. [64] ont utilisé l'atlas 3D d'embryologie dans leur étude. Les résultats de cette étude indiquent que l'Atlas 3D facilite l'expérience d'apprentissage des étudiants en tant que ressource pour soutenir les cours d'embryologie. Les étudiants ont apprécié l'utilisation ainsi que l'aspect interactif de l'atlas 3D dans les cours pratiques. Cependant, cette étude a relevé entre autre que l'efficacité des modèles numériques 3D est influencée par le niveau de compétences informatiques de l'étudiant, le sexe et le niveau de compréhension et d'orientation de la technologie 3D.

2.6.2.4. Le screencast

Le screencast est un enregistrement vidéo numérique de l'affichage de l'écran du micro-ordinateur, éventuellement conjugué à l'enregistrement du microphone.

Evans et al. [65] ont développé une série de screencasts d'embryologie pour accompagner les séances de cours ainsi qu'un screencast de quiz, diffusés via un environnement d'apprentissage. Ces séances semblent être un ajout utile à l'apprentissage pour la plupart des étudiants et pas simplement une innovation qui coche la case « engagement technologique ».

2.6.2.5. Les vidéos pédagogiques

Les vidéos éducatives sont devenues une partie importante de l'enseignement supérieur, fournissant un outil de diffusion de contenu dans de nombreuses classes inversées, mixtes et/ou en ligne [66].

Dans leur étude récente, Koscinki et al [67] ont présenté des vidéos de fécondation in vitro ainsi que du développement embryonnaire préimplantatoire durant un cours magistral d'éthique médicale. L'enquête de satisfaction a révélé que les vidéos augmentent l'intérêt des étudiants pour l'embryologie et pourraient constituer une aide significative à la compréhension et à la mémorisation. Cela dit les chercheurs ont recommandé l'association de méthodes pédagogiques complémentaires telles que la vidéo et le dessin pour améliorer l'enseignement de l'embryologie.

2.7 Les technologies de l'information et de la communication TIC

2.7.1 Définition

Selon l'UNESCO les TIC correspondent à l'ensemble des outils et des ressources technologiques permettant de transmettre, enregistrer, créer, partager ou échanger des informations, notamment les ordinateurs, l'internet (sites, Web, blogs et messagerie électronique), les technologies et appareils de diffusion en direct (radio, télévision et diffusion sur l'internet) et en différé (podcast, lecteurs audio et vidéo et support d'enregistrement) et la téléphonie (fixe ou mobile, satellite, visioconférence, etc.)[68].

Avec les TIC, le savoir est désormais partout. Les lieux traditionnels de sa présence et de son apprentissage cessent d'être les espaces uniques de mémoire et de transmission.

2.7.2 Historique du développement des TIC

L'internet d'aujourd'hui est né en 1973 lorsque Vint Cerf a développé le protocole TCP/IP.

Non seulement les fichiers pouvaient être transférés de manière tout à fait simple mais aussi être affiché pour consultation publique menant à l'émergence de services de courrier électronique.

L'introduction des ordinateurs en tant que dispositifs de productivité personnels a commencé à apparaître vers 1977 avec les ordinateurs Apple, Tandy et Commodore.

En 1989, Robert Cailliau et Tim Berners-Lee ont présenté une proposition pour la gestion des documents en utilisant des ordinateurs. Ils avaient envisagé un service qui partageait fichiers, documents, informations, dialogues, graphiques, fichiers audio et plus encore. Ils ont appelé ce service le World Wide Web (WWW). Les réseaux utilisant le WWW se sont développés frénétiquement jusqu'en 2001.

Les premières étapes du WWW de 1990 à 2001 ont fourni la capacité d'un Service d'information. Les écoles, les instituts de formation et les universités ont développé des sites Web faisant partie de la prolifération des informations accessibles au niveau mondial. Les sites étaient institutionnellement concentrés et un peu semblables à la lecture de manuels. Cela signifiait que l'accès des utilisateurs était limité à des informations uniquement en format texte.

À partir de 2001, d'autres types de services ont commencé à apparaître sur le Web. Cela inclut Google, Wikipedia, MySpace, Facebook, Digg, Technorati, Twitter, Spock et beaucoup plus qui ont fourni leurs services librement et à distance.

Le WWW était en passe de devenir une plate-forme de lecture / écriture où les utilisateurs pouvaient s'engager avec les autres, contribuer et publier des informations dans plusieurs formats, y compris texte, graphiques, animation, audio et vidéo. Tim O'Rielly a popularisé cette nouvelle utilisation du Web comme Web 2.0 [69].

L'internet et le Web ont mûri en tant qu'outils de communication, de productivité et plate-forme de réseautage social à part entière sans précédent dans l'histoire.

Le Professeur Jim Bosco de l'université de Michigan a retracé le développement de la communication à travers l'histoire. Il conclut qu'aujourd'hui nous sommes dans une période où la communication verbale et écrite fonctionne électroniquement, globalement et plus personnellement que jamais et que cela a de profondes implications pour l'éducation, le commerce et la recherche[70].

En effet le Web 2.0 permet une communication active par l'intermédiaire de plusieurs outils tels que :

- Blogs : Ce sont des journaux électroniques conservés en tant que sites Web. Les entrées, les commentaires et les notes sont classés par ordre chronologique. Les sujets sont spécifiés par l'auteur. D'autres utilisateurs, également appelés

blogueurs, peuvent ajouter des informations sur ces sujets. Un blog se termine lorsque l'auteur décide de le terminer ; sinon il fonctionne sans fin. Les exemples sont Blogger ou Typepad.

- Twitter : Ceci est une application de microblogging. Les utilisateurs enregistrés peuvent entrer leurs propres messages texte avec un maximum de 140 caractères. Ces messages seront affichés à tous les utilisateurs qui suivent cet utilisateur. Les interactions sont également possibles : d'autres utilisateurs peuvent répondre à un message et des discussions peuvent être créées. Il est souvent utilisé pour informer un groupe spécifique de personnes sur les événements actuels.
- Messagerie instantanée : la communication en temps réel entre deux ou plusieurs participants est possible. Il se produit principalement sous forme écrite composée de messages courts (chats), mais peut également être supporté par des fonctionnalités audiovisuelles, par exemple Skype.
- Podcasting : Ce sont des fichiers audiovisuels, y compris des vidéos, créés par des auteurs individuels et disponibles pour tous les utilisateurs en ligne.
- Wikis : ils sont similaires aux blogs, mais les autres utilisateurs sont autorisés à modifier le texte sur le site Web. Dans ce cas, un document partagé est créé dans lequel de nombreux utilisateurs peuvent participer, l'exemple le plus célèbre étant Wikipédia.
- Partage de médias : pour cela, les supports visuels sont téléchargés et stockés sur un site Web, par exemple Flickr pour les photos et YouTube pour les vidéos. Les médias peuvent ensuite être partagés, évalués et communiqués aux autres.
- Sites de réseaux sociaux : Ces sites offrent la possibilité de créer des profils personnalisés et des listes d'amis. Les blogs, photos, musiques, vidéos, pensées et opinions peuvent être communiqués ici. Ces informations peuvent être désignées comme « privées » et ne sont disponibles que pour un groupe défini d'utilisateurs appelé « amis invités ». Si cette limitation n'est pas définie, le contenu du site Web est ouvert au public et est donc visible et partageable par tous les utilisateurs de ce site de réseau particulier. L'exemple le plus connu est Facebook[71].

2.7.3 Adhésion des étudiants aux TIC

L'utilisation de ces outils de plus en plus fréquente a fait naître une nouvelle génération d'apprenants, appelés la génération Z/C (la génération qui crée – communique – collabore).

Swiss Education group a mené une enquête et a donné une définition précise de cette catégorie de jeunes « natifs numériques ». Concrètement, ce sont les jeunes nés après 1995. Une génération née avec internet, les portables, les réseaux sociaux, et donc naturellement ultra connectée [72].

Leurs caractéristiques sont :

- Ils présentent une courte durée d'attention : L'enseignant doit les stimuler davantage et démontrer de la créativité dans l'usage des TIC en classe ou à distance. L'usage des outils doit être significatif pour les apprenants et leur permettre de penser différemment. Il ne suffit donc pas d'intégrer plus de technologies dans son cours, mais plutôt d'exploiter davantage les possibilités des outils de façon à mieux soutenir l'apprentissage.
- Ils s'attendent souvent à une réponse immédiate à leurs questionnements. Ils vont effectuer des recherches sur le web (par exemple, à l'aide de Google ou Wikipédia) et sont rapidement frustrés s'ils ne réussissent pas à obtenir la réponse attendue, ou encore si la performance du réseau sans fil les empêche de compléter la tâche rapidement.
- Ils sont habitués à s'exprimer sous forme abrégée, par exemple, par l'entremise d'échanges rapides de messages texte ou en respectant la limite de 140 caractères par message imposée par Twitter.
- Ils désirent être guidés dans leurs apprentissages : un accompagnement personnalisé est plus prisé que d'être informé et avisé dans un contexte de groupe. Ils respectent l'autorité de l'enseignant dans ce rôle de guide, dans la mesure où les interactions sont régulières et significatives.
- Ils ont parfois des attentes irréalistes en ce qui concerne les rétroactions attendues de l'enseignant : l'étudiant « branché » à toute heure de la journée aura de la difficulté à comprendre pourquoi l'enseignant n'est pas en mesure de répondre immédiatement à sa question posée un samedi soir à 23 h 15.

- Ils préfèrent un apprentissage expérientiel et interactif, impliquant notamment un *travail collaboratif* autour de *projets*. Pour ce faire, ils utilisent divers outils de référence incluant les médias sociaux (Facebook, Twitter, LinkedIn, etc.), des moteurs de recherche de référence (Google, Bing, Wikipédia, etc.), la téléphonie IP (Skype, Google Hangouts, etc.), des outils de communication privés (Whisper, Snapchat) ainsi que diverses applications adaptées aux appareils mobiles[73].

Les apprenants en médecine ne font pas exception, la plupart font partie de la *Net Génération* ou *génération Z/C*, et même s'ils ne sont pas des *Digital Natifs*, ils utiliseront probablement la technologie numérique et les réseaux sociaux d'une manière ou d'une autre[74].

2.7.4 Le réseau social Facebook et son influence sur la pédagogie

Facebook a été lancé en 2004 à l'Université de Harvard et a permis aux étudiants de communiquer « socialiser » dans leur université. Maintenant, il est disponible dans plus de 70 langues, dans 213 pays [74].

Selon Statista [75], depuis son lancement, Facebook a connu une croissance et compte 2,45 milliards d'utilisateurs actifs mensuels au troisième trimestre de 2019.

Facebook est actuellement le représentant le plus utilisé et le plus complet des réseaux sociaux, Les forces de Facebook sont sa diffusion, sa gratuité, son intégration à tous les systèmes d'exploitation, y compris sur les téléphones mobiles [76].

Bien que le concept sous-jacent ne soit pas celui d'un environnement d'apprentissage, les outils et fonctionnalités de Facebook peuvent constituer un support précieux pour les activités académiques. Les fonctions intégrées permettent une interaction via des « profils », des « groupes » et des « pages », ainsi que la communication avec des individus ou des groupes à l'aide de clavardages en ligne, de conversations vidéo et de messages entrants[77].

Vu les fonctionnalités qu'offrent ce réseau social, il en découle une utilisation de plus en plus importante afin de soutenir l'apprentissage. En effet Pempek et al. [78] ont observé que les apprenants utilisent Facebook environ 30 minutes par jour dans le cadre de leur routine quotidienne.

Ceci a conduit au cours des dernières années, les enseignants en médecine à manifester un intérêt marqué pour les utilisations pédagogiques de Facebook. Une enquête menée par Sandars et al. [79] a indiqué que 70% des apprenants en médecine utilisaient les réseaux sociaux, y compris Facebook. Dans une étude de Bosslet et al. [80] ce chiffre est de 90%. Une autre étude menée par Gray et al. [81] indique que 25% des apprenants en médecine ont utilisé Facebook pour soutenir leur apprentissage[77].

L'étude de Pickering et al. [82] suggère qu'une page Facebook peut jouer un rôle important en soutenant les apprenants en médecine de deuxième année à se préparer aux évaluations anatomiques sommatives et à réduire l'anxiété liée aux tests.

Les groupes et page Facebook administrés par le corps enseignant ont été également utilisés pour l'enseignement des sciences fondamentales (anatomie et histologie) aux facultés de médecine de l'Université d'Ottawa (Canada) et de l'Université de Sharjah (Emirats Arabes Unis). les chercheurs ont conclu que les pages et groupes Facebook incarnent un bon nombre de principes fondamentaux d'un apprentissage en ligne réussi [83].

L'étude menée par Potts avec des apprenants en deuxième et cinquième année médecine sur la création et le partage de matériel d'apprentissage en ligne a démontré que c'était une expérience très positive cependant la conception des cours, la charge de travail des étudiants et les pressions des évaluations constituaient des obstacles [84].

Plusieurs méta-analyses ont également étudié la contribution pédagogique du réseau social Facebook dans l'éducation médicale. Cheston et al [85] ont conclu que l'utilisation des médias sociaux dans la formation médicale est un nouveau domaine de recherche qui mérite d'être approfondi. Les éducateurs ont du mal à adapter les nouvelles technologies, mais ils ont des possibilités d'innovation[85]. Une étude de Hollinderbaumer et al [71] stipule que l'intégration du Web 2.0 et des médias sociaux est la forme moderne d'apprentissage autonome. Ces moyens stimulent la réflexion et intègrent activement les apprenants dans la construction de leurs connaissances. Avec ces nouveaux outils, les apprenants acquièrent les compétences dont ils ont besoin dans leur vie sociale et professionnelle[71].

Les résultats de l'étude d'Ali [77] montrent que les apprenants en médecine utilisent Facebook de manière informelle pour améliorer leurs apprentissages lors du premier

cycle. Facebook a permis également à ces apprenants de créer une communauté d'apprentissage solidaire parmi leurs pairs. Les résultats de cette étude recommandent aux éducateurs médicaux d'utiliser Facebook en tant que plate-forme pour des initiatives éducatives formelles.

D'autre part, Sutherland a signalé le manque d'études empiriques axées sur l'impact des médias sociaux dans la formation médicale. Les quelques études empiriques identifiées ont tendance à se concentrer sur l'évaluation des résultats affectifs des médias sociaux sur la formation médicale, par opposition à la compréhension de tout lien entre les médias sociaux et les résultats de performance. Étant donné le potentiel d'utilisation des médias sociaux dans l'enseignement médical, des études d'évaluation plus empiriques sont nécessaires pour déterminer la valeur éducative [86].

Pander et al. [74] ont également constaté que Facebook influe sur une multitude d'aspects des études médicales, en particulier au premier cycle et aux cycles supérieurs. Et malgré un nombre croissant de différentes formes d'utilisation de ce réseau social, il n'existe pas de preuves concluantes en termes d'efficacité pédagogique.

Après avoir effectué une lecture critique des différents articles, il en ressort plusieurs aspects :

- Les apprenants en médecine ont plus d'affinité pour le réseau social Facebook par rapport aux autres réseaux pour des raisons de facilité d'usage, de convivialité, de partage et de clavardage.
- Les éducateurs médicaux s'intéressent de plus en plus à l'utilisation pédagogique de ce réseau.

2.7.5 Ingénierie pédagogique

L'enseignement supérieur voit se développer depuis quelques années de nouvelles pratiques pédagogiques en lien avec les technologies dont l'articulation conduit au concept de l'ingénierie pédagogiques.

L'ingénierie pédagogique se situe dans le prolongement des travaux réalisés dans le domaine du design pédagogique en éducation. Il convient donc de définir d'abord le design pédagogique pour ensuite aborder le vocable d'ingénierie pédagogique [87].

L'expression design pédagogique est apparue au cours des années 60, au moment où certains chercheurs américains ont commencé à mettre au point des méthodes systématiques de planification et de développement de l'enseignement. Ces chercheurs considèrent alors un cours ou toute unité de formation comme un système complexe mettant en interaction un ensemble de composantes (objectifs d'apprentissage visés, caractéristiques des apprenants, stratégies pédagogiques, stratégies d'évaluation des apprentissages, média, etc.) qu'il convient de bien articuler entre elles afin d'en assurer la cohérence. Le terme système d'apprentissage s'est alors imposé pour désigner l'objet construit au cours du processus de design pédagogique. [87].

L'ingénierie pédagogique est une méthode systémique et systématique destinée à résoudre des problèmes de conception des systèmes ou des dispositifs d'apprentissage. Cette ingénierie pédagogique se situe à la croisée de trois composants ; le design pédagogique, l'ingénierie des systèmes informatiques et l'ingénierie cognitive. Le premier est dédié au développement des pratiques éducatives, le second, à la conception et à la réalisation d'outils technologiques et le dernier, à la structuration et l'élaboration graphique des connaissances [2] .

Un système d'apprentissage est un ensemble des phases du cycle de vie, qu'il s'agisse de cours de plusieurs heures, de programmes d'études, de formations de plus courte durée ou encore de leçons, modules ou activités d'apprentissage de quelques heures. Ce cycle de vie comporte typiquement cinq phases principales, entre lesquelles on retrouve généralement une ou plusieurs boucles de rétroaction. Ces cinq phases sont les suivantes, bien que les termes pour désigner chacune puissent varier d'un auteur à l'autre : Analyse, Design, Développement, Implémentation, Evaluation : ADDIE [87].

2.7.6 Conception d'un système d'apprentissage selon la cascade d'ADDIE

Les fondements d'ADDIE remontent à la Seconde Guerre mondiale, lorsque l'armée américaine a développé des stratégies pour former rapidement les gens à effectuer des tâches techniques complexes.

Le modèle ADDIE est utilisé pour créer un programme d'enseignement ou une formation qui vise à produire des résultats d'apprentissage spécifiques et des changements de comportement. Il propose une analyse des besoins d'apprentissage, de la conception et de

l'élaboration d'un programme d'études, ainsi que la mise en œuvre et l'évaluation initiale d'un programme de formation[58].

C'est un modèle de design. Il permet de concevoir des formations ou des dispositifs de formation.

Le sigle ADDIE décrit cinq phases de l'ingénierie de formation (figure 13) [88],[89] :

- **Analyse**

L'analyse de besoins de la formation cherche à déterminer l'écart de performance entre une situation actuelle et une situation désirée.

Elle détermine, donc les besoins en termes d'apprentissage requis et les coûts-bénéfices engendrés par la création d'outils ou de systèmes d'enseignements qui répondront le mieux aux besoins identifiés [89].

Cette phase consiste à analyser un certain nombre de composantes qui servent à orienter le projet de développement du système d'apprentissage :

- Les besoins de formation,
- Les caractéristiques de la population d'apprenants cible,
- Le contexte dans lequel s'insérera la formation,
- Les ressources existantes pouvant être utilisées ou adaptées pour le système d'apprentissage, etc.

- **Design**

L'étape de design prépare le matériel dédié aux apprenants et aux enseignants qui a été spécifié dans la phase d'analyse.

En contexte d'un processus de création, le «design » réfère à l'étape où le contenu, la séquence, les stratégies et les méthodes sont choisis en fonction des objectifs d'apprentissage spécifiés au préalable[88].

Dans les tous les étapes du processus de design, il est celui où l'on porte le plus d'attention, Cette phase vise à spécifier les objectifs d'apprentissage, à développer la stratégie pédagogique et à sélectionner les médias d'apprentissage, et, le cas échéant, à élaborer des devis médiatiques (pouvant prendre la forme, dans certains cas, de maquettes

ou de prototypes) des différents éléments composant le matériel pédagogique inclus dans le système d'apprentissage[89].

Au cours de cette phase, on distingue deux niveaux d'intervention : d'une part, le macro-design, qui consiste à faire le design de l'architecture globale du système d'apprentissage, puis le micro-design, qui consiste à faire le design de chacune des différentes composantes du système d'apprentissage.

- **Développement**

Lorsque le terme développement est employé comme un sous-ensemble du processus de design pédagogique, il se rapporte à l'étape qui résulte de la conception des outils pédagogiques ou du matériel pédagogique selon les spécifications émises à l'étape de design.

Cette phase consiste à mettre en forme le système d'apprentissage, à l'aide de divers outils (papier, crayon, appareil photographique, caméscope, caméra télé, traitement de texte, éditeur graphique, logiciel de programmation, etc.) [90].

- **Implémentation et Evaluation**

L'implémentation ou implantation représente la diffusion du produit dans les configurations pour lequel il a été conçu.

L'évaluation représente une évaluation formative – obtenir des informations pour améliorer le produit durant le développement et sommative – obtenir des informations pour valider le succès ou l'échec des interventions après l'implantation, voire même une révision du produit de manière itérative[89].

Cette phase consiste à rendre le système d'apprentissage disponible aux étudiants, ce qui nécessite la mise en place d'une infrastructure organisationnelle et technologique. Dans le cas d'un cours donné en classe, c'est le moment où le professeur fait sa prestation[88].



Figure 13. Carte mentale représentative de la méthode ADDIE [76]

2.8 Conclusion

Nous concluons ce chapitre par une imbrication des trois axes de notre travail, pédagogie, embryologie et technologie grâce au modèle TPACK de Koehler et Mishra [91] afin de trouver dans leur intersection le meilleur des scénarios pédagogiques.

Le modèle TPACK (figure 14) donne une représentation de l'intégration des technologies en classe. Il décrit comment les connaissances technologiques de l'enseignant s'articulent avec ses connaissances pédagogiques et didactiques pour une intégration réussie des technologies dans l'enseignement.

Le modèle TPACK décrit trois champs de connaissance de l'enseignant : la connaissance des contenus à enseigner, la connaissance de la pédagogie et la connaissance de la technologie. La connaissance des contenus (CK) fait référence à la connaissance de la matière enseignée ; elle dépend de la discipline. Les connaissances pédagogiques (PK) correspondent à une connaissance approfondie des processus, pratiques et méthodes d'enseignement et d'apprentissage. Quant aux connaissances technologiques (TK), elles font référence, dans ce modèle, non seulement aux connaissances numériques mais aussi à la maîtrise et à la compréhension en profondeur des technologies de l'information du point de vue du traitement de l'information, de la communication et de la résolution de problèmes [92].

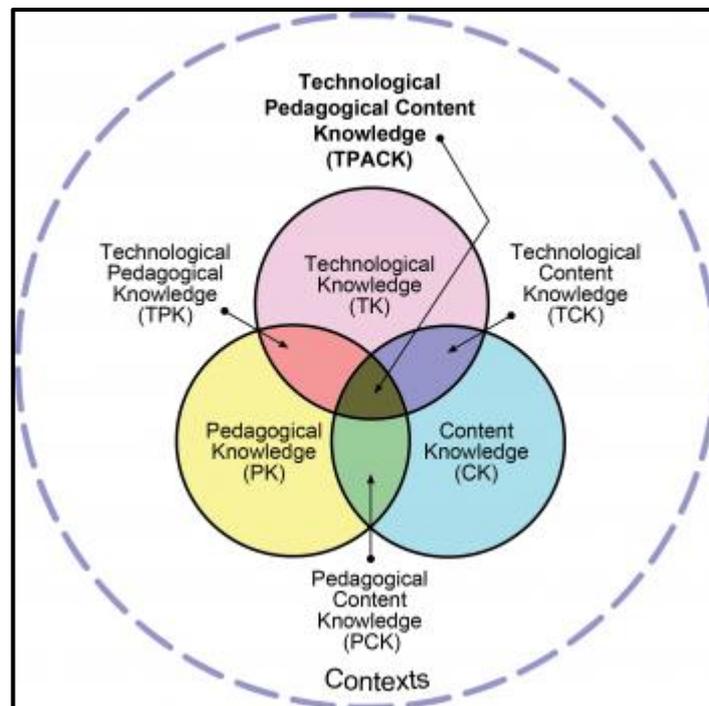


Figure 14. Représentation schématisée du modèle TPACK [91]

Les interactions entre ces trois composantes sont particulièrement importantes dans le modèle TPACK [91]:

- Pedagogical Content Knowledge (PCK) est l'adaptation des contenus à l'enseignement.
- Technological Content Knowledge (TCK) fait référence à la compréhension de la manière dont la technologie et les contenus à enseigner s'influencent mutuellement. L'utilisation d'une technologie spécifique peut, par exemple, changer le type de représentations que les apprenants construisent dans un domaine donné. D'où l'importance, pour les enseignants, d'identifier les technologies les plus appropriées pour aborder un contenu d'enseignement particulier.
- Technological Pedagogical Knowledge (TPK) désigne la manière dont l'enseignement et l'apprentissage peuvent changer en fonction du choix d'une technologie ou de la manière dont celle-ci est utilisée.

Technology, Pedagogy, and Content Knowledge (TPACK) : une bonne connaissance et prise en compte simultanée de ces trois facteurs va permettre aux enseignants d'intégrer efficacement les technologies dans l'enseignement.

Chaque situation d'apprentissage et d'enseignement intégrant des technologies numériques est en principe le fruit d'une combinaison de ces trois facteurs qui se trouvent alors dans un état d'équilibre dynamique [92].

Matériel et méthodes

3 Matériel et méthodes

La génération actuelle d'apprenants baigne dans la technologie ; utilisation de smartphones, réseaux sociaux... et a déserté les livres et bibliothèques [72].

Ceci nous a amené à adapter une méthode au profil sociocognitif des apprenants par :

- L'initiation au travail collaboratif en s'inspirant de leur capacité de partage et clavardage qui existent dans les groupes des médias sociaux.
- L'inclusion de la vidéographie dans l'enseignement vu l'utilisation massive des apprenants de vidéos publiées sur le net (visionner, commenter, partager).
- La mise en place de la classe inversée en réponse à l'absentéisme des apprenants, qui ne dépendent plus d'un accès aux connaissances limité dans l'espace et dans le temps.

Dans ce chapitre, le procédé et le matériel nécessaire pour l'étude seront développés.

3.1 Lieu et durée de l'étude

Cette étude s'est déroulée à l'université de Tlemcen, faculté de médecine, département de médecine dentaire. La faculté de Technologie, département de GBM (génie biomédical) a été sollicitée pour une collaboration dans la confection des objets 3D.

L'étude s'est étalée sur deux phases (années universitaires 2017/2018 et 2018/2019).

3.2 Schéma expérimental /cadre conceptuel

Il s'agit d'un travail monocentrique prospectif qui s'est déroulé en deux phases :

- La première phase a été consacrée à l'analyse des besoins pédagogiques relatifs à l'enseignement de l'embryologie générale et à la conception des objets 3D.
- La deuxième phase a été dédiée à la mise en place d'une nouvelle méthode pédagogique. Il s'agit d'un enseignement de travaux dirigés d'embryologie générale dispensé à la première année médecine dentaire.

3.3 Population d'étude

Tous les étudiants inscrits en 1^{ère} année médecine dentaire (n= 65) ont été "exposés " pour la première fois au modèle d'apprentissage conçu pour cette étude.

3.3.1 Critères d'inclusion

Tous les étudiants qui remplissent les conditions à savoir présence à au moins cinq séances de travaux dirigés sur les sept séances prévues.

3.3.2 Critères d'exclusion

Les étudiants qui étaient absents à toutes les séances de travaux dirigés.

3.3.3 Critères de non inclusion

Aucun.

3.3.4 Critère de jugement

Analyse des résultats du pré et post-test, évaluation sommative et réponses au questionnaire de satisfaction.

3.4 Méthode

Le modèle d'ADDIE (décrit dans le chapitre introduction) a été utilisé dans la conception du modèle de l'étude (tel que recommandé par the Association of American Medical Colleges pour la conception d'un modèle d'enseignement technopédagogique [93]). Il consiste en une implémentation d'une démarche technopédagogique selon les étapes suivantes :

3.4.1 1^{ère} Etape : Analyse

L'embryon humain se présente en trois dimensions et il subit d'importantes variations au cours de son développement. Ce qui nécessite de bonnes capacités de représentation spatiale chez l'apprenant.

Les étudiants ont souvent du mal à concevoir l'embryologie 3D à partir de textes et d'images bidimensionnels (2D). Cela peut augmenter la charge cognitive et entraver l'apprentissage.

Nous avons travaillé avec les étudiants de 1^{ère} année médecine dentaire. Le modèle pédagogique a été adapté pour les séances de travaux dirigés.

L'enseignement s'organise en séquences, et chacune comporte 4 à 5 séances sans dépasser 6 [94].

Dans cette étude, une séquence pédagogique faite de 7 séances couvrant le programme d'enseignement d'embryologie générale a été développée.

Avant d'entamer le travail avec la population d'étude, une séance pédagogique type test, utilisant des vidéos 3D, a été conduite avec des étudiants volontaires.

Le but de la séance test était de faire une rétrospection sur la méthode classique d'enseignement et de la comparer avec la nouvelle.

Il a été fait appel à des étudiants volontaires pour participer à cette séance test via le réseau social Facebook. 19 étudiants de différents niveaux (2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} année médecine) avaient répondu à l'appel.

Les étudiants volontaires ont été exposés au même schéma que la population d'étude.

Les données de cette séance ont été recueillies grâce à un questionnaire avec questions fermées et ouvertes. Les réponses vont être considérées comme résultats préliminaires (voir partie résultats).

3.4.2 2^{ème} Etape : Design

Présentation générale

Durant l'étape du design, les objectifs pédagogiques de chaque séance ont été spécifiés et le scénario de déroulement de chacune d'elle a été mis en place.

Pour chaque séance, des vidéos en 3D ont été proposées aux étudiants, certaines de ces vidéos ont été conçues en collaboration avec la faculté de technologie dans le cadre d'un projet de recherche de fin d'étude intitulé « Modélisation en 3D du développement embryonnaire » et d'autres à partir de ressources préexistantes.

Même s'il est possible de récupérer sur la toile de multiples vidéos pédagogiques, rien ne remplace la création personnelle, qui correspond en tous points aux objectifs du cours.

Dans le tableau 1, le type de vidéo utilisé pour chaque séance a été précisé.

Tableau 1. Séquences pédagogiques et vidéo

	Intitulé	Durée de la vidéo	Vidéos utilisées
1	Spermatogenèse	1min41	https://youtu.be/6fBa8UqEano
2	ovogenèse	4min13	https://youtu.be/9wK8G60rDZA
3	fécondation	5min42	https://www.youtube.com/watch?v=_5OvgQW6FG4&feature=youtu.be
4	Première semaine du développement embryonnaire	4min9	Vidéo conçue en collaboration avec la faculté de GBM de Tlemcen
5	Deuxième semaine du développement embryonnaire	8min46	Vidéo conçue en collaboration avec la faculté de GBM Tlemcen
6	Troisième semaine du développement embryonnaire	1min49	https://www.youtube.com/watch?v=lGLexQR9xGs&feature=youtu.be
		3min17	https://www.youtube.com/watch?v=3AOoikTEfeo&feature=youtu.be
7	De la quatrième à la huitième semaine du développement embryonnaire	2min50	https://www.youtube.com/watch?v=yXUv4MPuNTA&feature=youtu.be

Déroulement de la séance pédagogique

La durée des séances était de 1h30, les étudiants ont été répartis aléatoirement en petits groupes de travail de 5 à 6.

La séance sur la fécondation a été prise comme exemple (figure 15), le schéma de déroulement des autres séances a été mis en annexe.

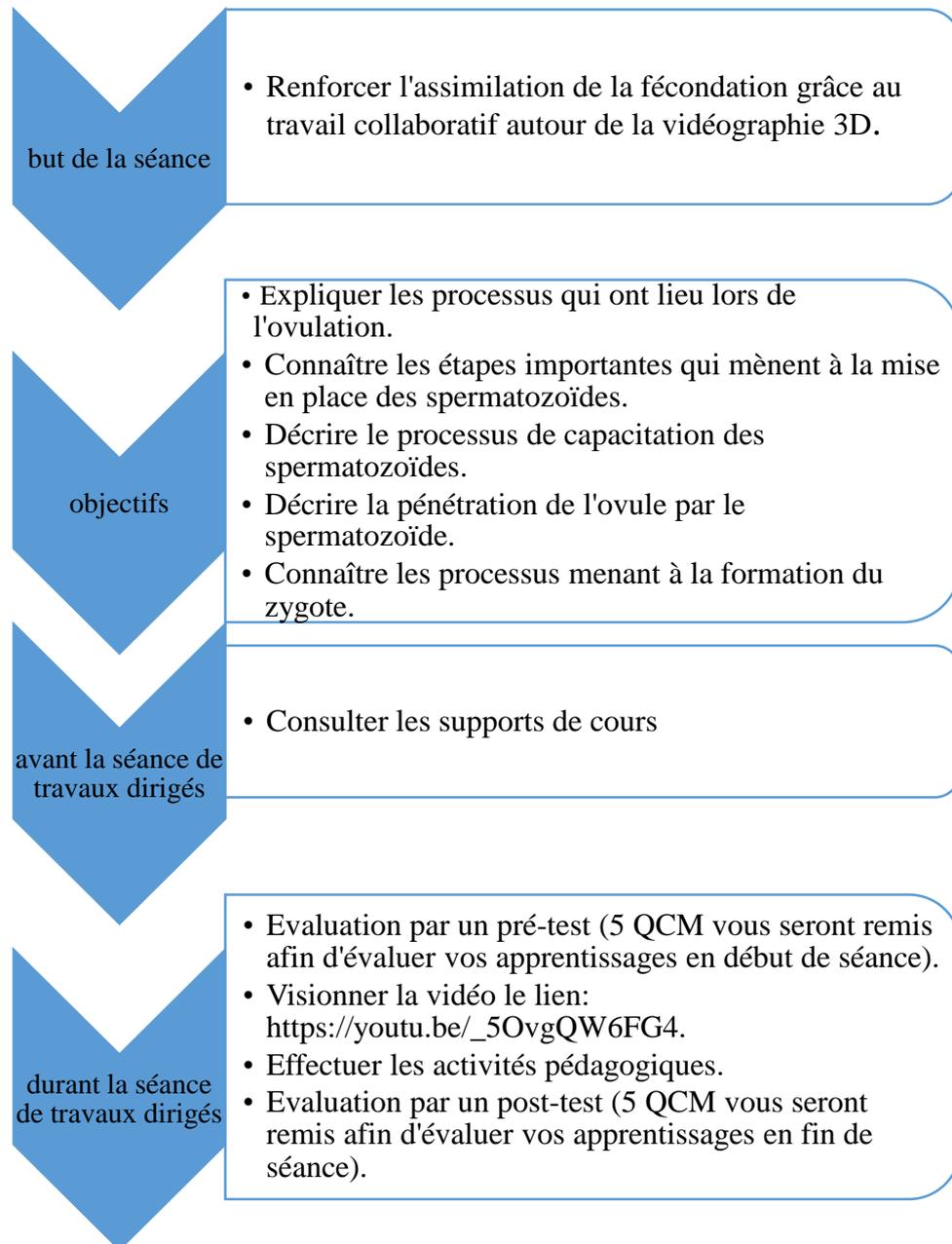


Figure 15. But et objectifs de la séance type la fécondation

- ✓ 1^{ère} étape : Les étudiants ont été soumis en début de séance à un pré-test comportant 5 questions soit à choix simple ou multiple portant sur la thématique abordée.

Cinq minutes ont été imparties à cette première étape.

- ✓ 2^{ème} étape : Les vidéos disponibles sur le net étaient consultées par les apprenants via leurs smartphones ou ordinateurs personnels. Les vidéos 3D conçues, au cours de l'étude, étaient projetées en boucle durant les séances de travaux dirigés.
- ✓ 3^{ème} étape : Des activités pédagogiques ont été remises aux apprenants. Des petits groupes ont été formés pour les résoudre, et un rapporteur a été désigné dans chaque groupe afin de communiquer les réponses.
- ✓ 4^{ème} étape : correction et discussion des activités en plénière.
- ✓ 5^{ème} étape : un post-test comportant les mêmes questions que le pré-test a été administré aux étudiants en fin de séance.

Pour chacune des questions des prétests et des post-tests, une grille de correction a été élaborée et un score sur 5 points a été calculé.

Dans le cas où plusieurs réponses étaient attendues (questions à choix multiples), l'intégralité des bonnes réponses était requise pour comptabiliser la réponse comme correcte.

Les notes obtenues par les étudiants à ces tests n'ont pas été comptabilisés dans leur évaluation sommative.

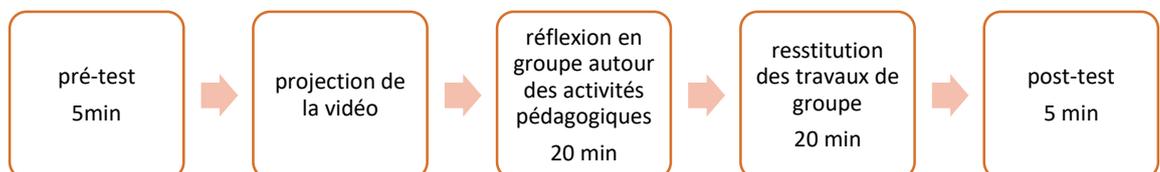


Figure 16. Schéma de déroulement d'une séance pédagogique

3.4.3 3^{ème} Etape : Développement

- **Conception des vidéos**

La conception des vidéos passe par plusieurs étapes.

- Identification des ressources bibliographiques

Les ressources pertinentes en embryologie générale ont été sélectionnées afin de concevoir les vidéos 3D.

Nous nous sommes basés sur des représentations 2D des différentes étapes du développement puisées dans des ouvrages d'embryologie (embryologie médicale de Jan Langman [95])et le site web Embryologie Cochin Virtuel [96].

- Conception des modèles 3 D

Plusieurs fournisseurs et infographes ont été contacté pour effectuer la conception des modèles 3D, cependant ces modèles sont coûteux et par conséquent nous ne pouvions pas les procurer. Pour cette raison, nous avons opté pour une collaboration avec la faculté de technologie de Tlemcen dans le cadre d'un travail de recherche de master intitulé « Modélisation en 3D du développement embryonnaire » [97] afin de développer des modèles 3D propre à la faculté de médecine de Tlemcen.

Plusieurs séances de travail en étroite coopération ont été nécessaires afin d'arriver aux modèles 3D présentés ci-dessous.

Le modèle est basé sur l'embryon et ses composants. En effet, étant donné que l'embryon et ses composants sont considérés comme des objets mous (en termes de représentation graphique), la modélisation organique semble convenir. C'est pourquoi le logiciel Zbrush® a été choisi afin de fournir cette approche.

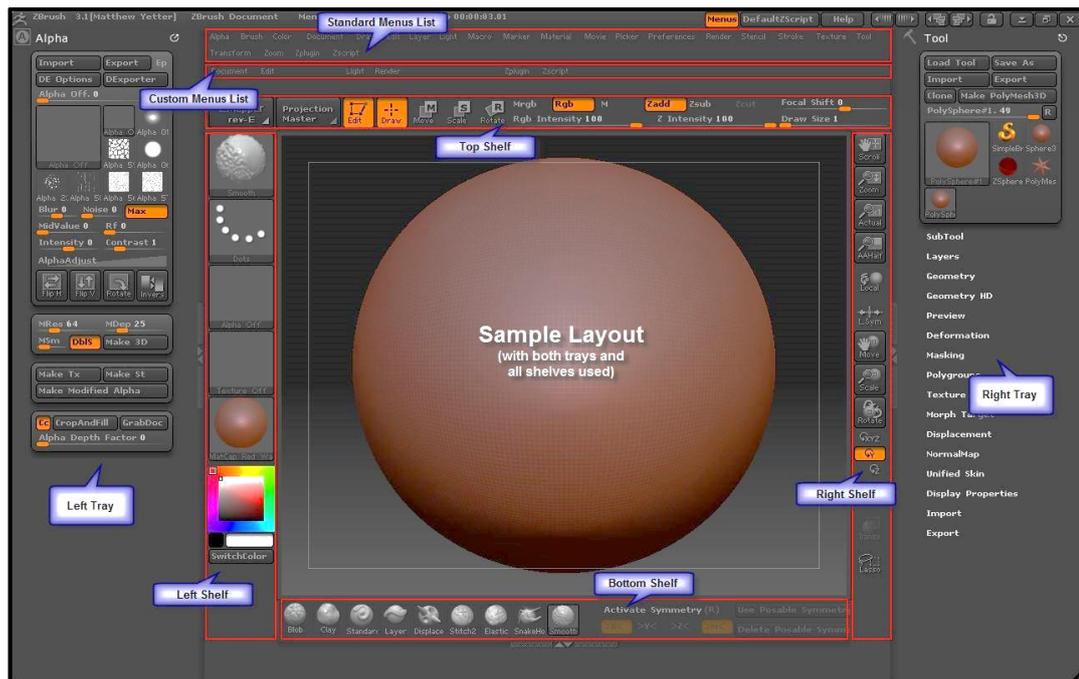


Figure 17. Interface du logiciel de modélisation ZBrush®

Zbrush® (figure 17) fournit également une interface graphique simple basée sur l'utilisation de différents pinceaux afin de pouvoir sculpter un objet comme le fait l'artiste.

Dans le contexte du choix d'un pinceau, l'artiste joue sur plusieurs paramètres, tel que le nombre de polygones requis pour représenter l'objet. Plus le nombre est important, plus la taille de l'objet est grande. De même, l'animation de plusieurs polygones prend plus de temps. Il est donc important de disposer de matériel spécifique (carte graphique appropriée, capacité de mémoire élevée...). Dans notre cas, nous avons utilisé un ordinateur portable type Pentium i8 : 8 cores, 16 Go de RAM. De ce fait, il était indispensable de choisir ses pinceaux et d'affiner la résolution là où c'était nécessaire.

Dans le logiciel Zbrush®, l'objet peut être redimensionné, déplacé, pivoté et déformé à l'aide de plusieurs opérations de transformation. Une fois, la forme finale désirée était obtenue, nous passons à l'étape suivante du processus de modélisation c'est-à-dire couvrir l'objet. Le logiciel offre aussi, une bibliothèque de textures et de matériaux (avec la possibilité d'importer des textures propres à partir de fichiers bitmap ...) et une palette de couleurs. Ces outils permettent une qualité photo réaliste après application d'un bon rendu.

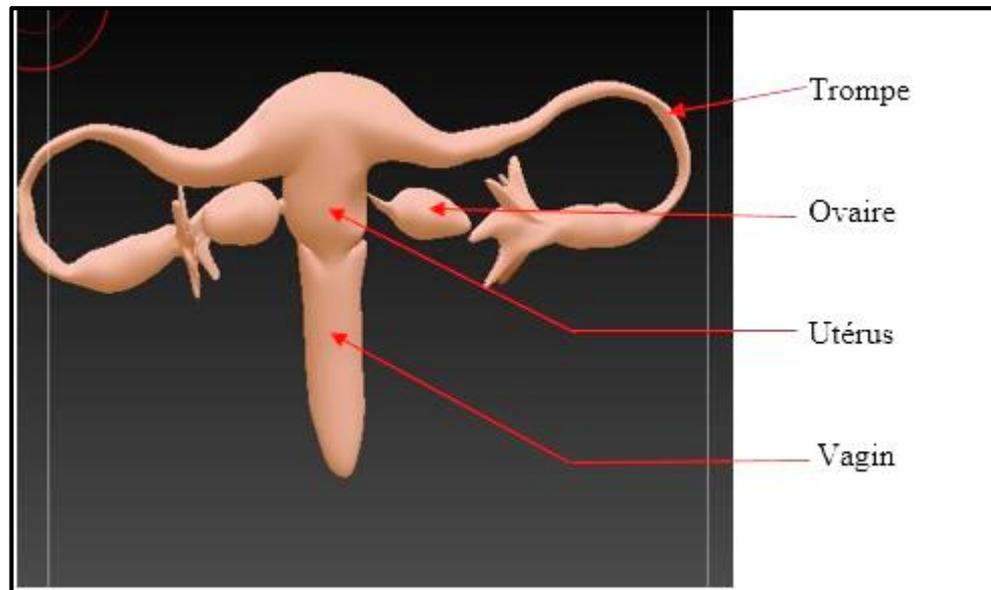


Figure 18. Appareil génital féminin en 3D

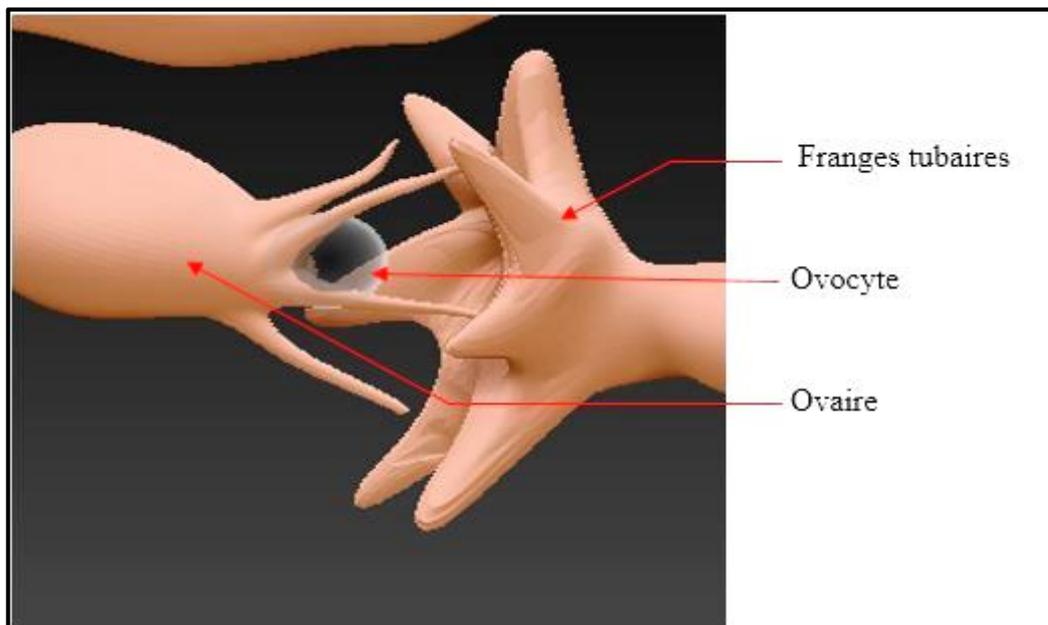


Figure 19. Représentation de l'ovulation en 3D

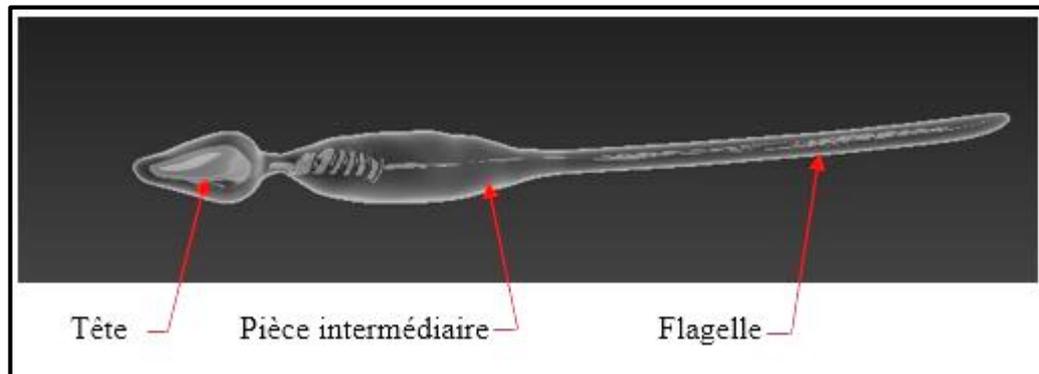


Figure 20. Spermatozoïde humain en 3D

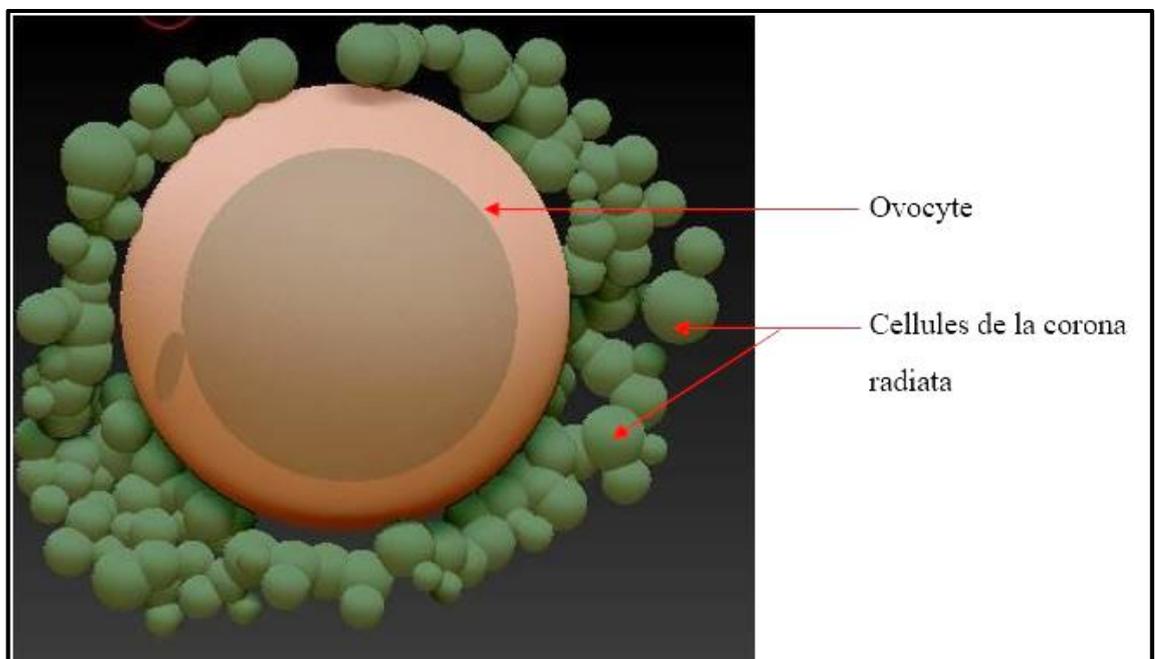


Figure 21. Ovocyte humain en 3D

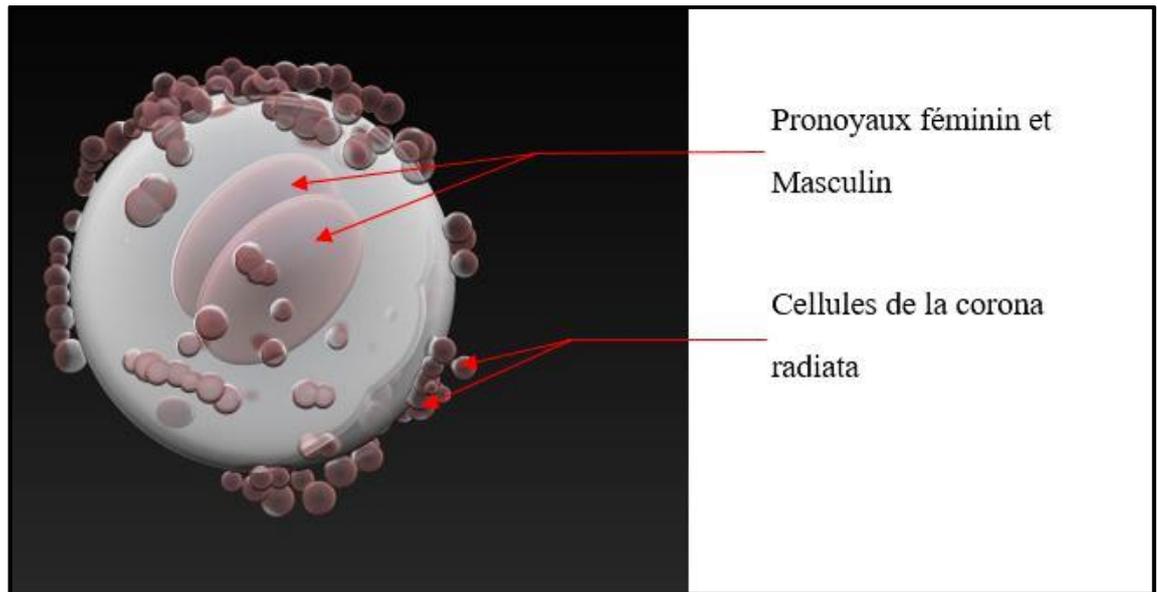


Figure 22. Représentation du rapprochement des pronoyaux en 3D

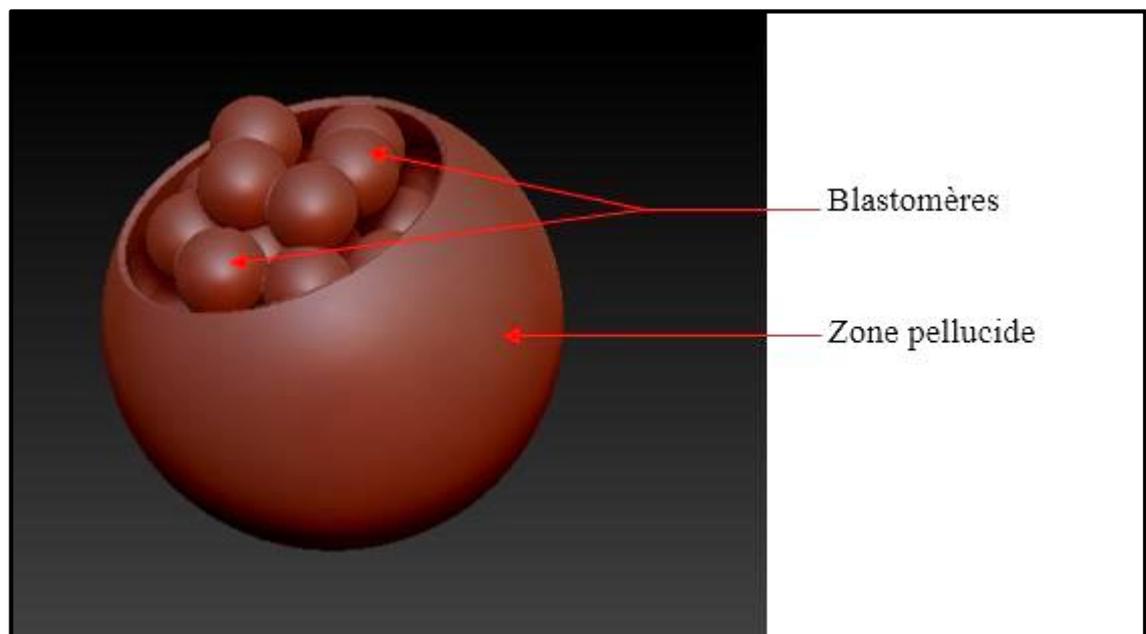


Figure 23. Représentation de la morula en 3D

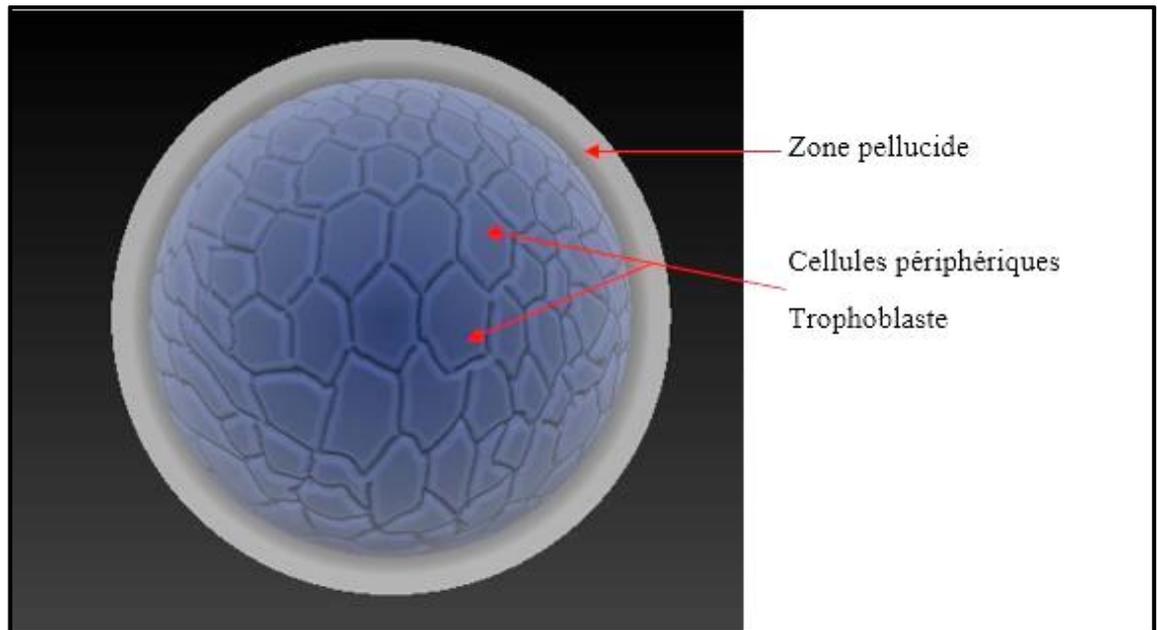


Figure 24. Représentation du blastocyste en 3D

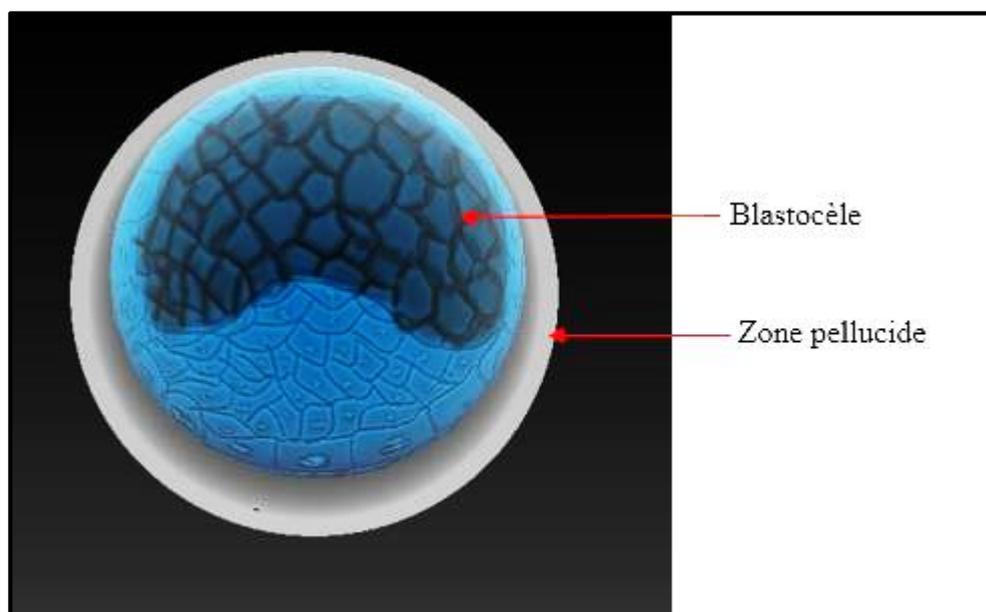


Figure 25. Représentation de la formation de la blastocèle en 3D

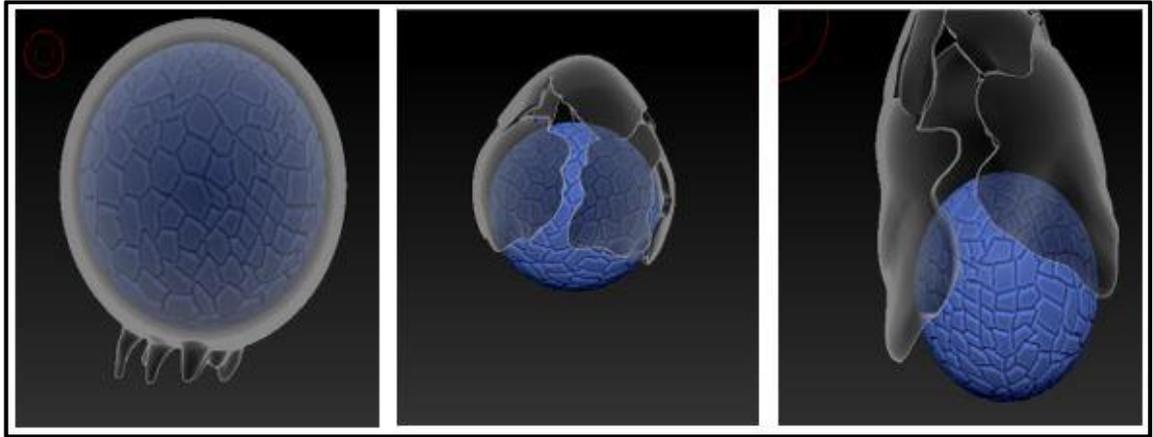


Figure 26. Libération du blastocyste de la zone pellucide "Hatching" en 3D

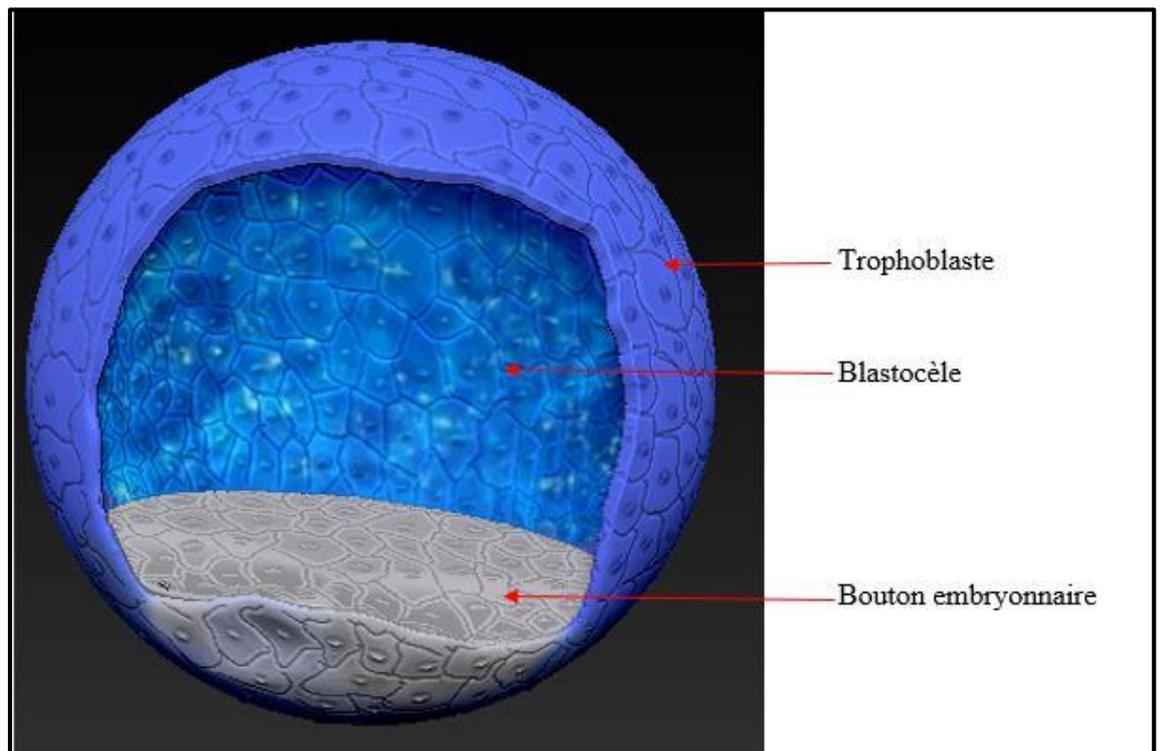


Figure 27. Blastocyste à la fin de la 1ère semaine du développement embryonnaire en 3D

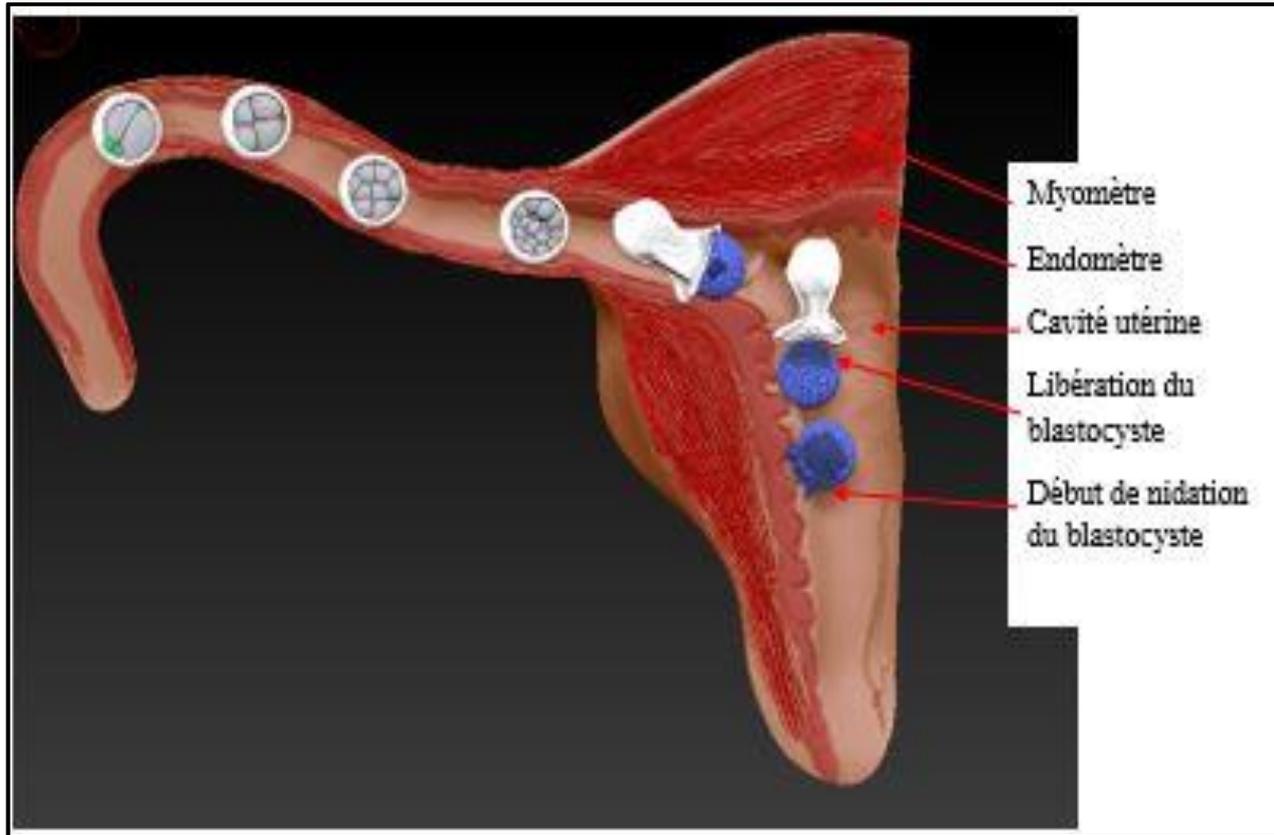


Figure 28. Représentation du déroulement de la 1ère semaine du développement embryonnaire en 3D

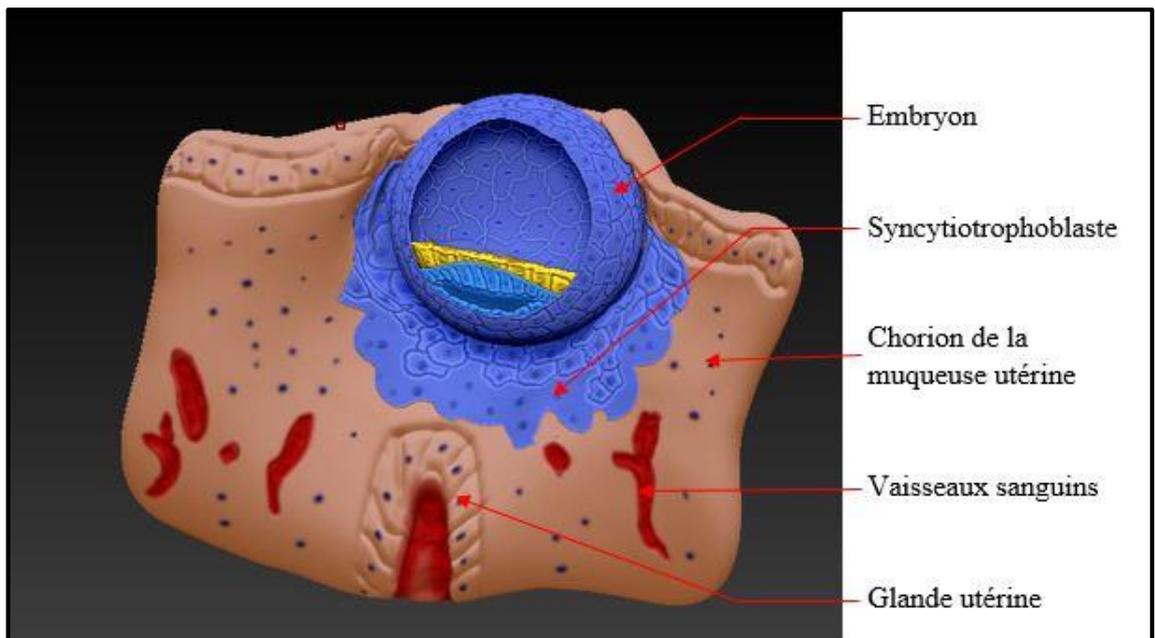


Figure 29. Représentation de la nidation en 3D

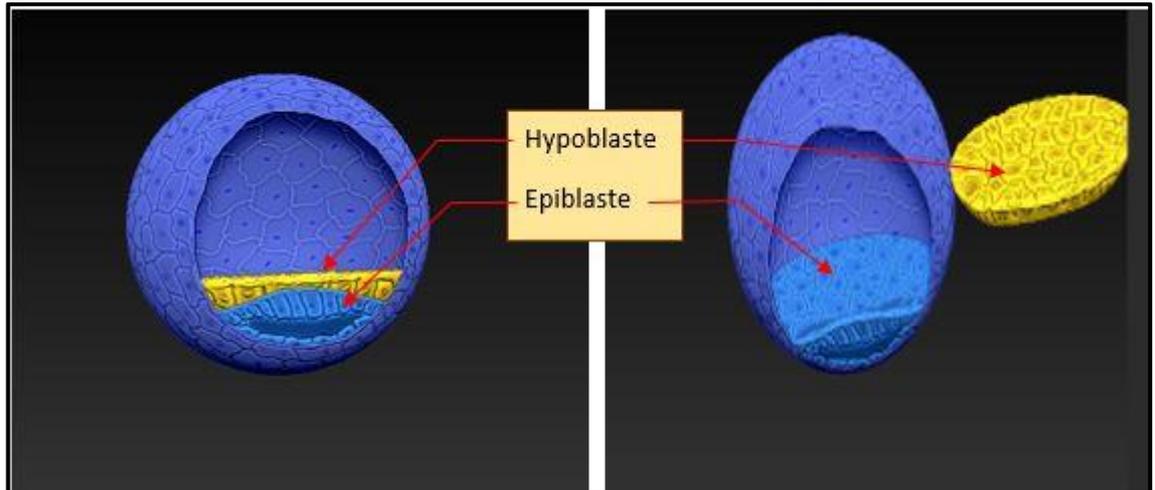


Figure 30. Embryon au cours de la 2ème semaine du développement embryonnaire en 3D

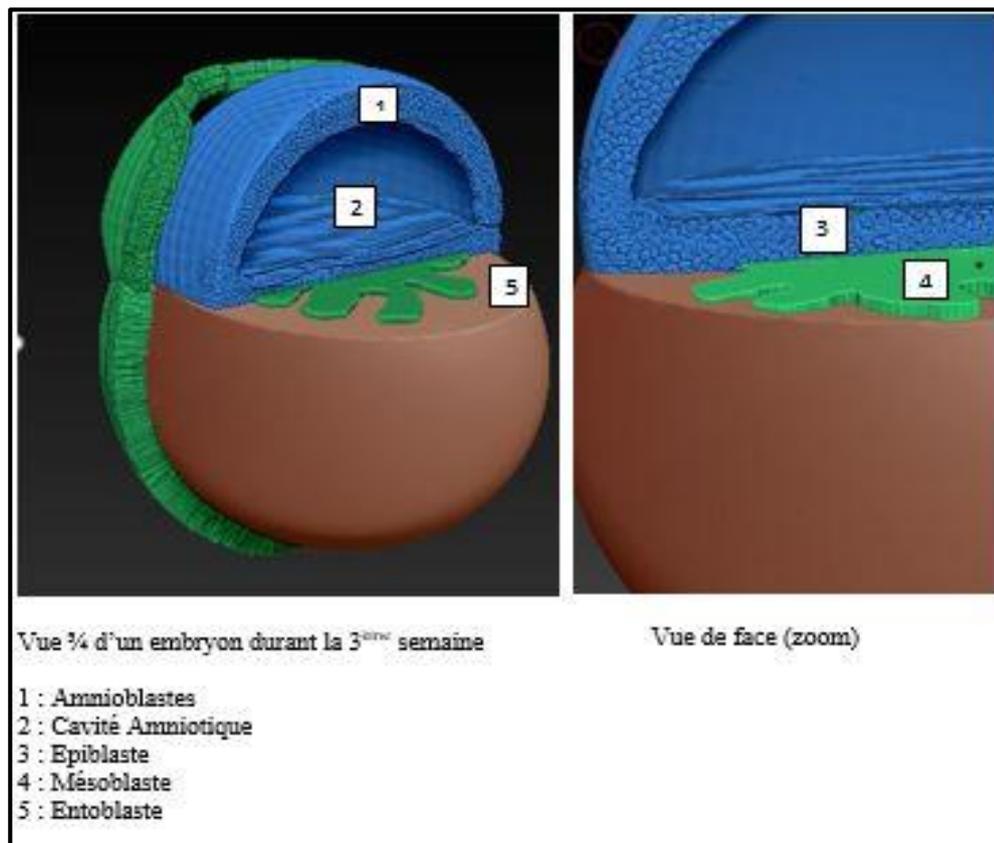


Figure 31. Représentation de la mise en place du mésoblaste au cours de la 3ème semaine du développement embryonnaire en 3D

Certains des modèles 3D ont été ensuite exportés sous format de fichier vers le logiciel Maya® pour réaliser une simple animation. Les fichiers concernés étaient ceux en rapport avec le phénomène de l'ovulation et la fécondation. Les autres modèles 3D n'ont pas été animés par le logiciel Maya® en raison d'obstacles techniques tels que : import d'objets complexes, le temps de chargement interminable, le volume des fichiers...ainsi que des difficultés liées au matériel : la puissance du PC utilisé.

Pour parvenir à animer une bonne partie de ce qui a été modélisé, comme solution alternative, 3DS Max® et FastStone® ont été utilisés.

Une narration a été enregistrée pour expliquer le déroulement des phénomènes vus dans l'animation et minimiser la quantité de lecture requise par les étudiants.

Les vidéos 3D produites ont été mise à disposition des étudiants en classe.

Des vidéos en anglais ont également été utilisés (lien cité dans le tableau 1), ces dernières ont été traduites, les commentaires audio ont été enregistrés grâce au logiciel Windows Movie Maker®.

3.4.4 4^{ème} Etape : Implémentation

L'implémentation correspond à la mise en œuvre de la méthode pédagogique telle qu'elle a été conçue dans les phases précédentes. Cela correspond à la gestion des aspects pratiques tels que l'organisation de la salle, la préparation des fiches pré/post-test et d'activités sous forme de support papier ainsi que l'installation du matériel de projection et de sonorisation.

Afin de conduire au mieux l'étape de l'implémentation, l'enseignement a été organisé en phase présentielle (synchrone) et distancielle (asynchrone) ceci correspond au principe de la classe inversée.

- **Phase présentielle**

La phase présentielle correspond aux séances de travaux dirigés se déroulant comme suit :

Dans le schéma traditionnel, la salle est organisée en rangées. Notre méthode pédagogique nécessite une disposition particulière de la salle d'enseignement : celle-ci a été organisée en îlots autour desquels 5 à 6 étudiants ont été installés. Sur chaque îlot, un code couleur a été déposé.

A leur arrivée en salle de cours, les étudiants ont été répartis de manière aléatoire grâce à un code couleur qui leur a été attribué et qui leur a permis de trouver leur place. Cette répartition avait pour but, la création d'une hétérogénéité dans le groupe avec diversification des profils, ainsi qu'une meilleure concentration et développement de nouvelles passerelles de communication (figure 32).

Par la suite, les apprenants récupéraient à leur arrivée les fiches des pré-tests ainsi que les fiches d'activités avant de prendre place dans la salle.



Figure 32. Photo représentant la disposition des étudiants en petits groupes
(Le 27/01/2019 à la faculté de médecine de Tlemcen)

- **Phase distancielle**

Dans cette phase, un groupe Facebook fermé a été créé à cet effet, nommé : **Travaux dirigés médecine dentaire 2019**. La figure 33 représente la page d'accueil sur le réseau social.

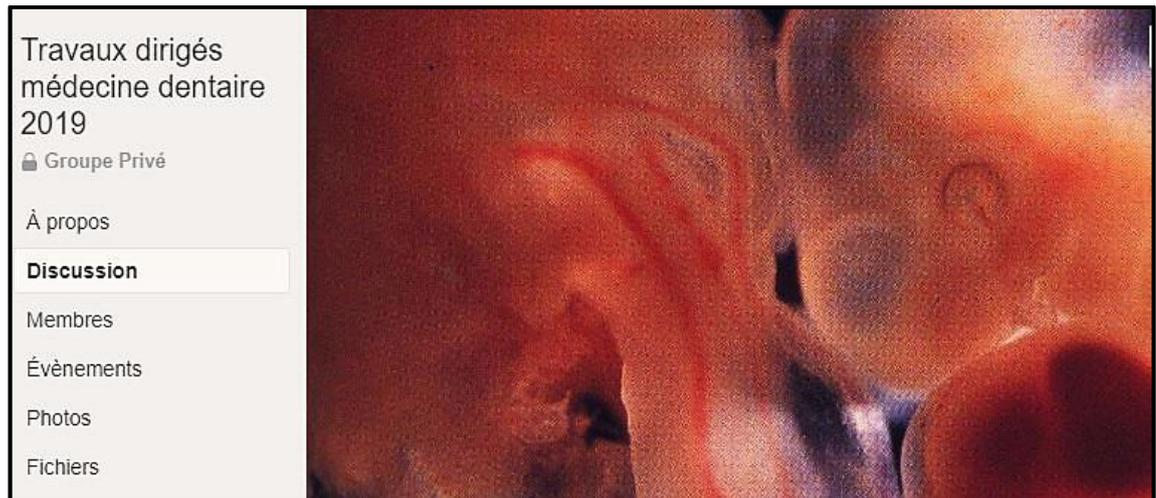


Figure 33. Page d'accueil du groupe travaux dirigés 2019

Cette tâche a été assurée par l'enseignant qui était également l'administrateur du groupe.

Nous avons opté pour l'option groupe fermé afin de limiter l'adhésion au groupe aux apprenants de première année médecine dentaire. Les paramètres du groupe ont été modifiés de sorte que les demandes d'adhésion ne soient acceptées que par l'administrateur du groupe, tandis que la fonction "publication" était possible pour tous les membres du groupe (enseignant et étudiants).

Les vidéos et la documentation ont été mises à la disposition des étudiants via le groupe, à l'exception des vidéos qui ont été conçues en collaboration avec la faculté de technologie.

La correction du pré et post-test, a également été effectuée sur l'espace du groupe. Dans le but de développer l'interaction entre apprenants-apprenants et apprenants-enseignant, la publication du corrigé type était décalée par rapport à la mise en ligne des questions de 60 min.

Dans le cas apprenants-apprenants, l'interaction était par un partage de références bibliographiques sous la forme de fichiers PDF, de commentaires, d'échanges de questions réponses et d'autres réactions tel que la mention j'aime (Like) .

3.4.5 5^{ème} Etape : Evaluation

Cette phase consistait à évaluer la qualité et l'efficacité de la méthode pédagogique proposée. Pour l'évaluation qualitative, partie essentielle dans ce type d'étude, un questionnaire a été mis en place pour les apprenants. Tandis que pour l'évaluation quantitative, les résultats des apprenants aux pré et post-test ainsi que les résultats académiques ont été analysés.

- **Evaluation qualitative**

Les réponses des étudiants au questionnaire ont été recueillies après la fin de l'épreuve sommative trimestrielle afin de connaître leur impression vis-à-vis de cette méthode pédagogique lors des séances de travaux dirigés d'embryologie.

Les formulaires de commentaires ont été distribués en même temps en classe à tous les étudiants et ont été recueillis après 20 minutes.

Le questionnaire développé, a été inspiré d'une étude sur l'impact des vidéos sur l'apprentissage [98], ce questionnaire comporte six sections.

Le questionnaire comprenait à la fois des questions fermées et des questions ouvertes.

La première section vise à connaître notre population d'étude et si les apprenants travaillaient auparavant en petits groupes.

La deuxième section permettra de connaître le taux de présence des apprenants au cours magistraux.

La troisième section porte sur le déroulement général des séances pédagogiques.

La quatrième section vise à connaître la façon dont les étudiants ont utilisé les vidéos, l'impact de la vidéo sur les apprentissages (motivation et engagement cognitif).

Pour la troisième et quatrième section les réponses des questions ont été prises à l'aide de l'échelle de Likert en 4 points.

Les échelles Likert à 4 points ont utilisé les métriques de notation suivantes : totalement en accord, plutôt en accord, plutôt en désaccord, totalement en désaccord.

La cinquième section permet de connaître la fréquence de visionnage des vidéos.

Enfin, le questionnaire se termine par trois questions ouvertes portant sur les points forts et faibles de cette méthode d'enseignement, ce qui peut susciter des suggestions et des remarques des apprenants sur des aspects de l'embryologie mieux compris par la technologie / les vidéos et sur ce qui pourrait être amélioré.

Toutes les réponses ont été recueillies anonymement.

- **Evaluation quantitative**

Elle a comporté deux parties :

- Une évaluation continue formative grâce au pré et post-test.
- Pour évaluer l'impact sur la progression curriculaire, nous avons comparé les résultats académiques du groupe test (année universitaire 2018/2019) avec ceux d'un groupe témoin (année universitaire 2017/2018).

Le groupe témoin a reçu le même enseignement magistral par le même enseignant que le groupe de l'étude, par contre les travaux dirigés se sont déroulés selon un schéma traditionnel.

3.5 Analyse statistique

Les réponses des apprenants aux questions ouvertes ont été analysées, toutes les déclarations ont été classées indépendamment dans l'une des catégories suivantes : points forts (facilité d'apprentissage avec la méthode pédagogique proposée, efficacité de l'utilisation de la vidéo 3D dans l'enseignement de l'embryologie, travail en groupe, prise de parole et communication), points faibles (qualité des vidéos, nombre d'étudiants par groupe, durée des séances de travaux dirigés).

Le logiciel IBM SPSS 21 a été utilisé pour la saisie et le traitement statistique des données du pré et post-test, le test t de Student pour échantillon apparié a été utilisé pour comparer les résultats des apprenants avant et après l'intervention pédagogique pour chaque séance avec un risque d'erreur de 5%.

Un test t de Student pour échantillons indépendants a été réalisé pour les différences statistiques dans les résultats des examens écrits entre la cohorte ayant utilisé les vidéos 3D pendant les travaux dirigés (2018-2019) et la cohorte d'étudiants précédente n'ayant pas utilisé la vidéo 3D (2017-2018).

Un modèle socioconstructiviste a été repéré à partir du comportement des étudiants à travers le réseau social Facebook, ce modèle regroupe les interactions, travail collaboratif, partage, etc. Le réseau social offre la possibilité d'analyse de trois indicateurs qui sont les publications, les commentaires et les réactions grâce à l'outil Facebook insight. Outil destiné à fournir des indicateurs détaillés quant aux publications et sur l'engagement des utilisateurs.

3.6 Conflits d'intérêt

- Pas de conflits d'intérêt.
- L'évaluation sommative a été assurée par un tiers.
- Les apprenants n'ont bénéficié d'aucuns crédits quant à l'évaluation certificative.

Résultats

4 Résultats

Au décours des séances dispensées aux apprenants, les résultats ont été collectés à travers les outils de mesure suivants :

- Questionnaire,
- Tests statistiques,
- Statistiques du groupe Facebook récupérées par l'intermédiaire de l'outil Facebook insights.

Une séance test a été réalisée avant d'entamer notre étude dont le but a été cité dans le chapitre matériels et méthode.

4.1 Résultats de la séance test

Les résultats préliminaires de la séance test avec les étudiants volontaires ont permis d'ajuster la méthode selon le contexte c'est-à-dire le mode découverte qui représente la réaction de l'apprenant devant une innovation pédagogique.

Les résultats concernant les opinions des étudiants sur les énoncés du questionnaire sont résumés dans le tableau 2.

Pour chaque énoncé, la médiane des réponses se situait dans les catégories 1 et 2 (totalement d'accord ou plutôt en accord). Les résultats montrent que l'utilisation de la vidéo est très appréciée puisque 94.9% des étudiants interrogés ont souscrit positivement ou fortement positifs à cet énoncé. 94.4% ne pensaient pas que la vidéo est un point négatif du cours. Il en va de même pour l'impact de la vidéo sur l'intérêt pour la matière. 72.2% des répondants ont appréciés la supervision de la vidéo et ont affirmés qu'elle a su capter et maintenir leur attention. La totalité (100%) des étudiants ont trouvé que le contenu de la vidéo était clair, cohérent et pertinent.

Après lecture globale des résultats préliminaires et observation des pourcentages de réponses aux questions présentés dans le tableau 2, on peut d'ores et déjà, déduire que les participants à la séance test ont adhéré à une méthode de pédagogie active qui remet l'apprenant au centre de ses apprentissages.

Tableau 2. Réactions des étudiants volontaires suite à la séance test

	Totalement en accord(1)	Plutôt en Accord(2)	Plutôt en Désaccord(3)	Totalement En désaccord(4)
1. La vidéo utilisée dans ce cours est agréable à regarder n=19	73.7%	21.1%	5.3%	0%
2. La vidéo a suscité mon intérêt pour la matière n=19	78.9%	21.1%	0%	0%
3. La vidéo a su capter et maintenir mon attention du début à la fin des visionnements n=18	27.8%	44.4%	22.2%	5.6%
4. la durée de la vidéo était adéquate n=18	22.2%	55.6%	22.2%	0%
5. Le contenu de la vidéo était clair, cohérent et pertinent n=18	50%	50%	0%	0%
6. J'ai souvent discuté du contenu de la vidéo avec d'autres étudiants n=18	22.2%	33.3%	38.9%	5.6%
7. j'ai trouvé plus plaisant de visionner la vidéo que de lire le manuel ou les notes de cours n=19	68.4%	21.1%	5.3%	5.3%
8. l'utilisation de la vidéo m'a aidé à faire des liens entre les diverses connaissances du cours n=19	63.2%	31.6%	5.3%	0%
9. l'utilisation de la vidéo constitue un point faible du cours n=19	0%	5.6%	22.2%	72.2%
10. l'utilisation de la vidéo peut aider à structurer le contenu théorique du cours n=19	63.2%	31.6%	0%	5.3%
11. le contenu de la vidéo m'a aidé à réaliser les activités proposées durant la séance n=19	57.9%	31.6%	10.5%	0%
12. les activités proposées durant la séance m'ont aidé à comprendre le contenu présenté dans la vidéo n=18	61.1%	33.3%	5.6%	0%
13. globalement, je trouve que l'utilisation de la vidéo dans ce cours a un effet positif sur les apprentissages n=18	88.9%	11.1%	0%	0%

Les réponses aux questions ouvertes du questionnaire ont été analysées et les résultats ont été regroupés dans le tableau 3, inspiré du travail Fleagle 2018 [99].

Tableau 3. Analyse thématique des commentaires des étudiants

Principales thématiques	Type de commentaires	But du commentaire
Apprentissage/compréhension	Positif	<ul style="list-style-type: none"> - Classer les informations - Renforcer les apprentissages - Retrouver l'ordre chronologique sans recours au plan du cours - Faciliter les apprentissages
	Négatif	Aucun
	Suggestion	Légènder les éléments observés dans la vidéo
Rôle de l'enseignant	Positif	Valider les informations
	Négatif	Rester conformes au programme
	suggestion	Commenter les vidéos sans le son
Qualité des vidéos	Positif	aucun
	Négatif	contenu insuffisant
	suggestion	Améliorer la qualité du son
Travail en groupe	Positif	Créer une dynamique de travail
	Négatif	Aucun
	suggestion	Aucun

4.2 Résultats de l'étude

4.2.1 Population d'étude

Notre population d'étude (n = 63 apprenants) était composée de 16 étudiants et 47 étudiantes. Les âges des participants variaient entre 18 et 26 ans ; 96,82% sont entre 18 et 20 ans, 3,18% sont entre 21 et 26 ans.

89.4% des apprenants avaient travaillé en groupe avant notre intervention.

4.2.2 Résultats du travail à distance

En interphase, le réseau social Facebook a été utilisé en amont et en aval des séances de travaux dirigés. En amont, pour la mise à disposition des apprenants des supports pédagogiques quant en aval pour la correction du pré et post-test.

Facebook insight ; outil d'analyse des données nous a permis de récupérer les traces de l'activité des apprenants dans le groupe au cours de la période de l'étude.

L'ensemble de ces apprenants ont fait une demande d'adhésion au groupe de travail.

Les figures 34 et 35 représentent les résultats de cette analyse. Elles comportent trois courbes qui se superposent : l'évolution du nombre de publications postées dans l'espace du groupe, le nombre de commentaires et les réactions.

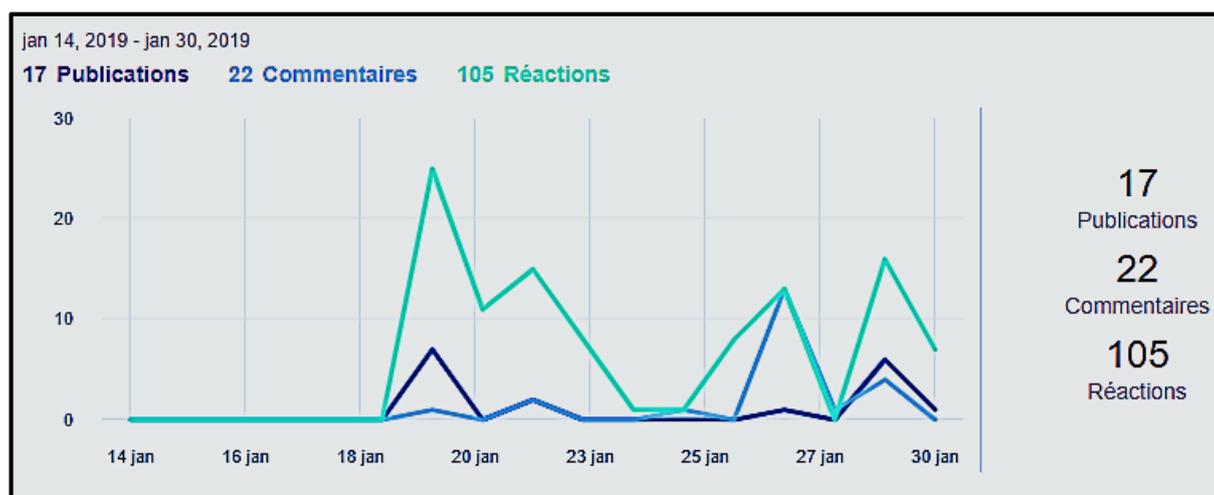


Figure 34. Résultats de l'activité à distance des étudiants au cours de la première phase

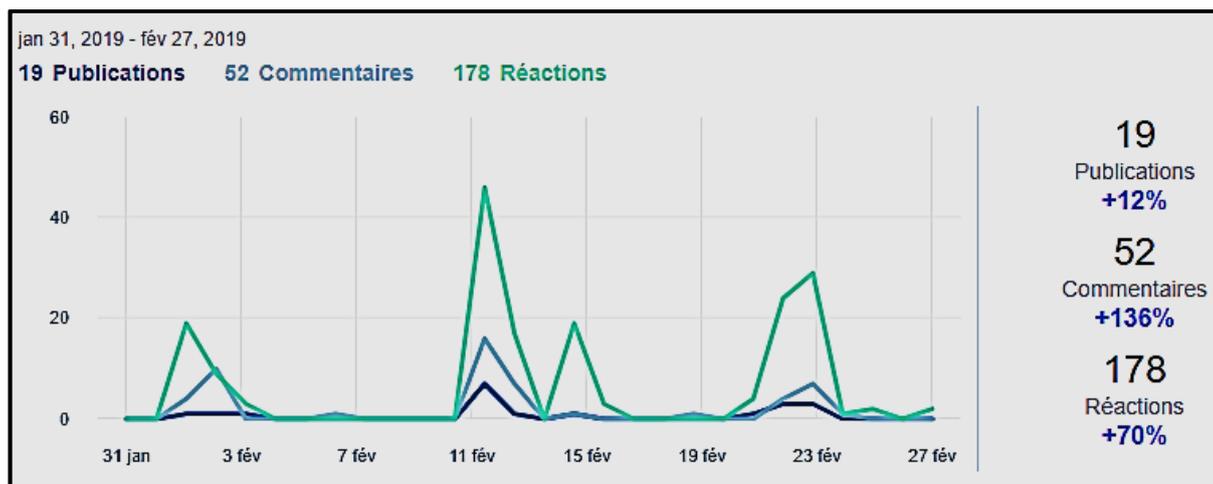


Figure 35. Résultats de l'activité à distance des étudiants au cours de la deuxième phase

4.2.3 Résultats du pré et post-test

Seuls les étudiants ayant répondu à la fois au prétest et au post-test d'une même séance ont pu être inclus dans l'analyse comparative des scores obtenus à ces tests.

La comparaison de la moyenne des scores pour l'ensemble des pré-tests avec ceux obtenus pour l'ensemble des post-tests objective une différence significative pour toutes les séances à l'exception des séances portant sur la fécondation et la deuxième semaine du développement (tableau 4).

Les sept figures suivantes (histogrammes de 36 – 42) correspondent à une représentation schématique de l'ensemble des résultats au pré et post-test.

L'axe des abscisses représentent les notes obtenues par les apprenants au pré et post-test des 7 séances de l'enseignement des travaux dirigés (spermatogenèse, ovogenèse, fécondation, 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} semaine du développement embryonnaire) assurés au cours de l'étude au niveau de la faculté de médecine.

L'axe des ordonnées représente l'effectif des étudiants ayant répondu au pré et post-test.

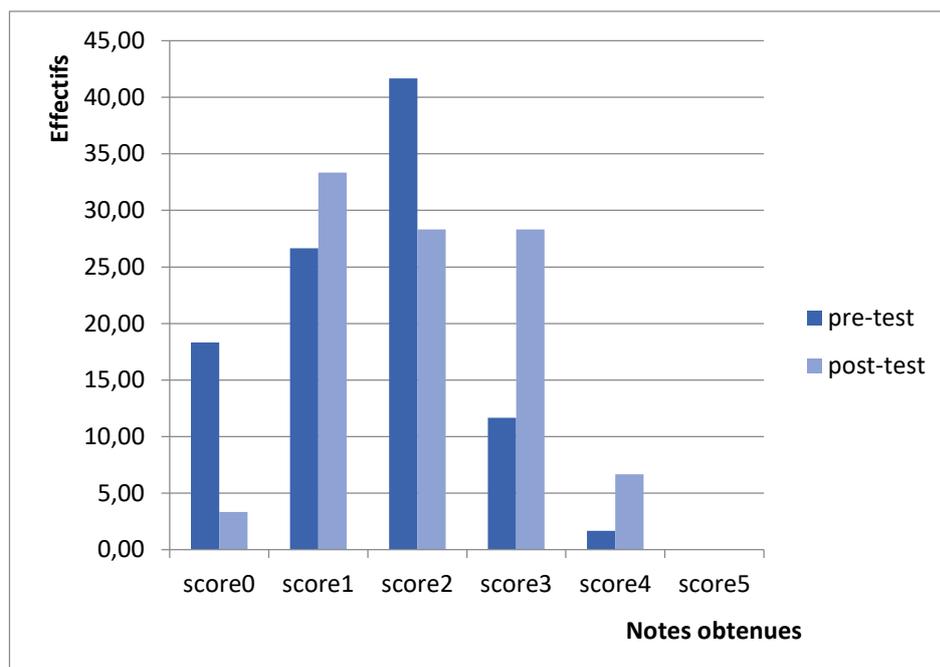


Figure 36. Résultats du pré et post-test de la séance spermatogènèse

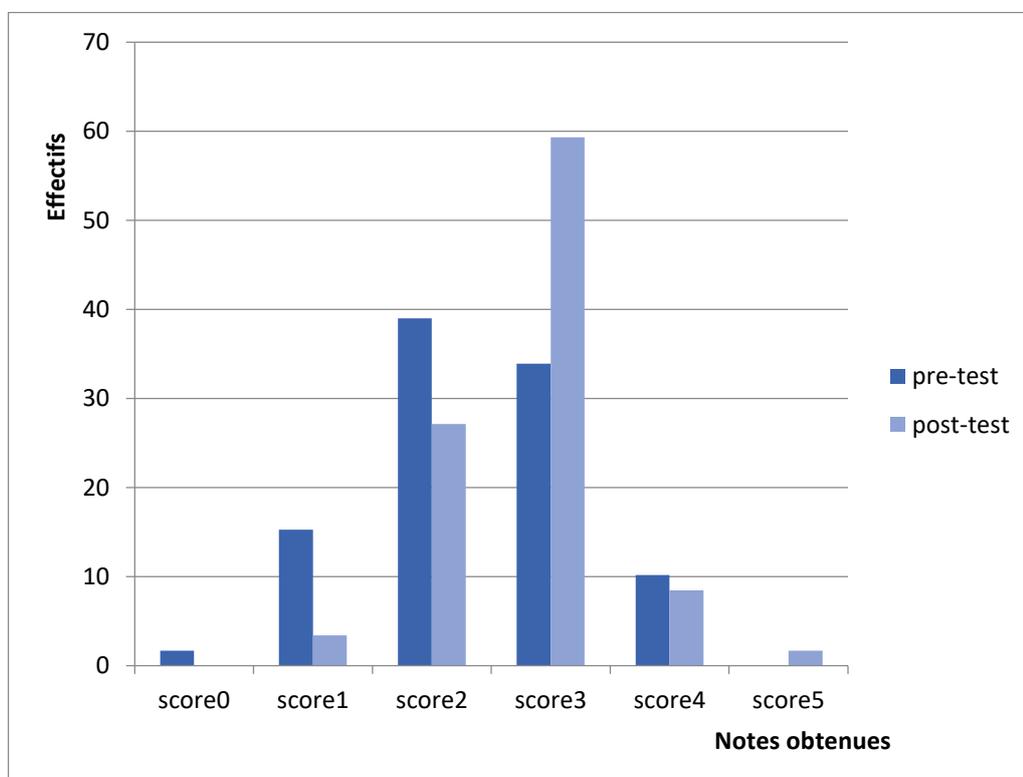


Figure 37. Résultats du pré et post-test de la séance ovogènèse

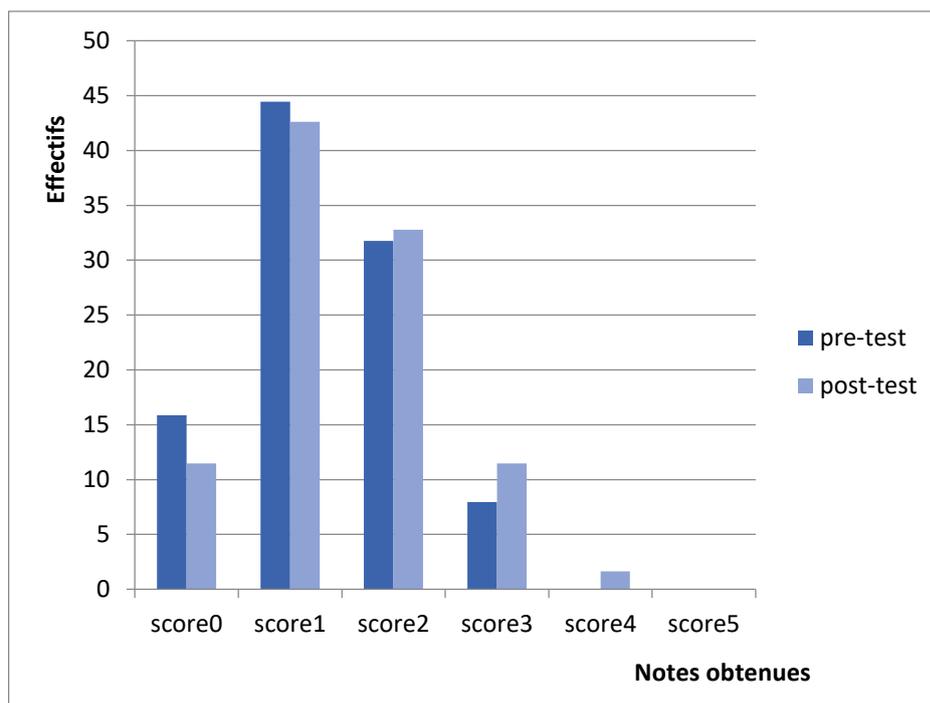


Figure 38. Résultats du pré et post-test de la séance fécondation

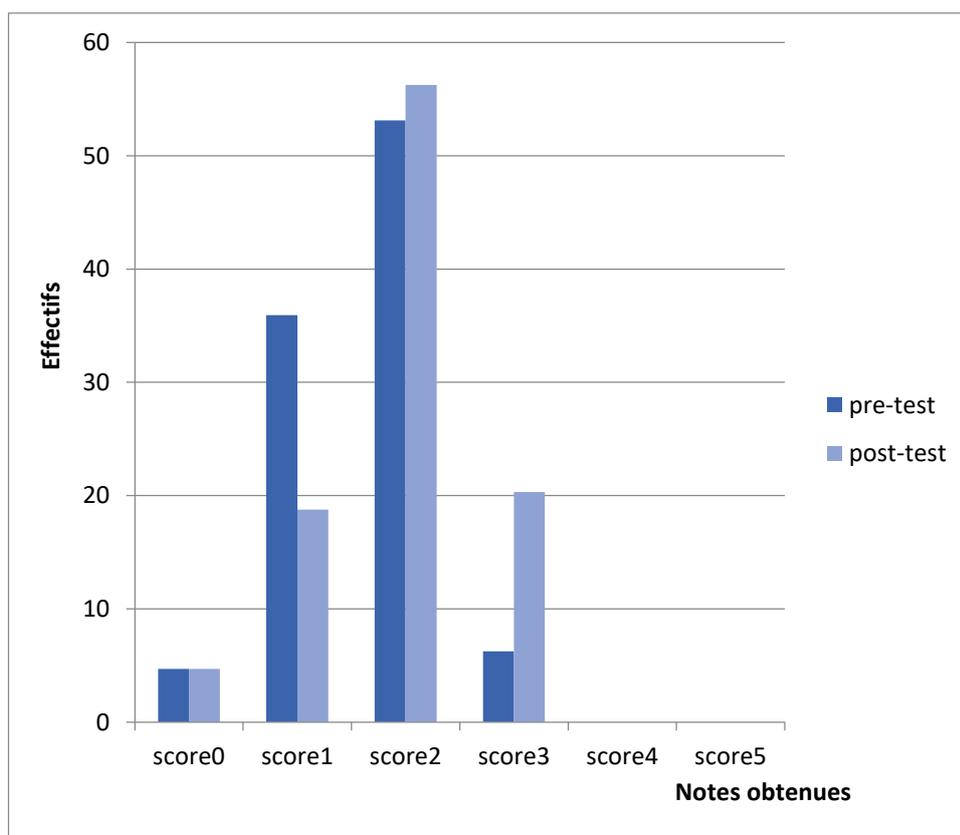


Figure 39. Résultats du pré et post-test de la séance 1^{ère} semaine du développement embryonnaire

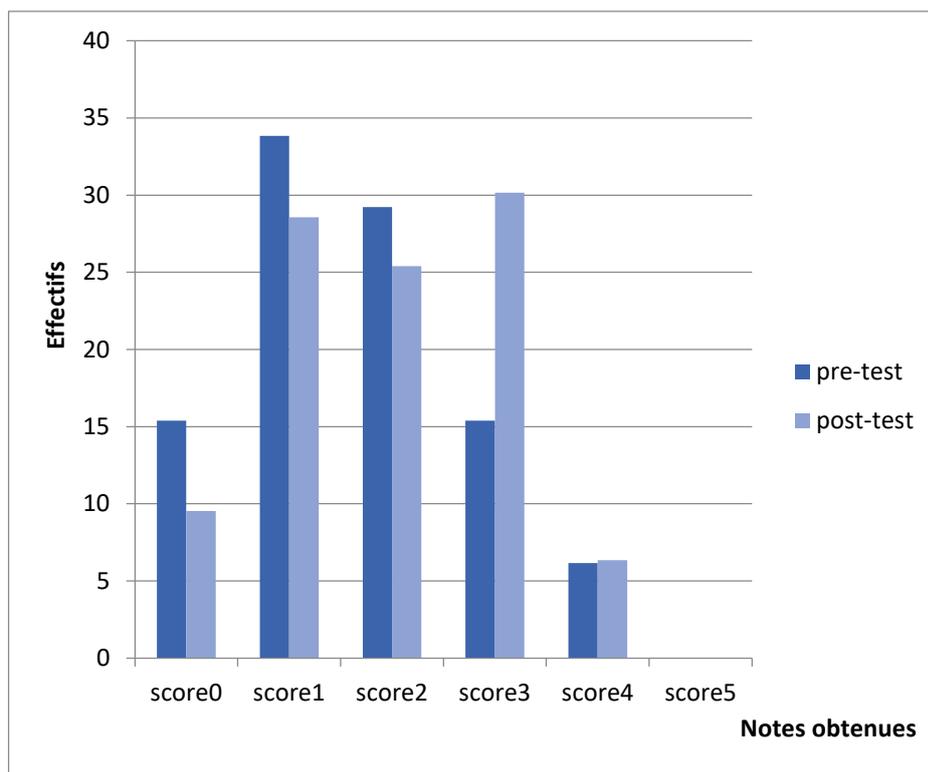


Figure 40. Résultats du pré et post-test de la séance 2^{ème} semaine du développement embryonnaire

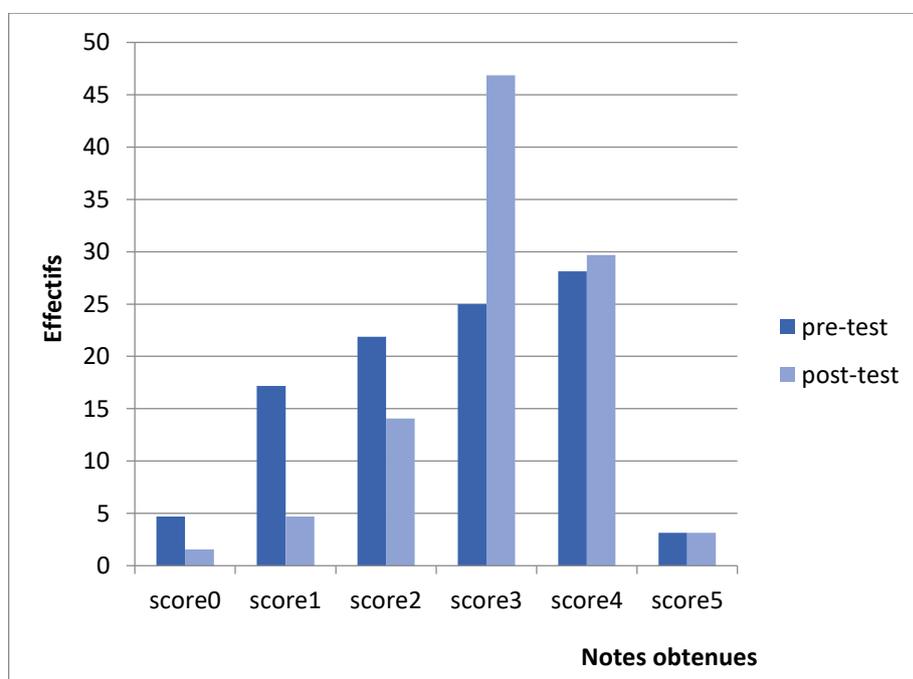


Figure 41. Résultats du pré et post-test de la séance 3^{ème} semaine du développement embryonnaire

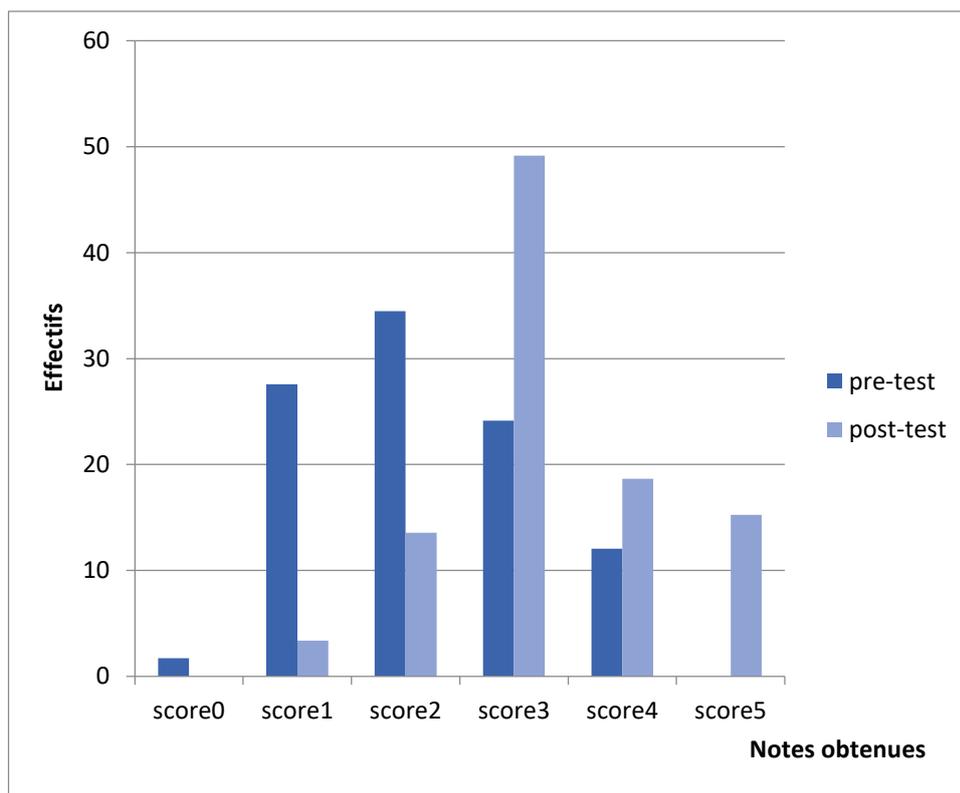


Figure 42. Résultats du pré et post-test de la séance 4^{ème} semaine du développement embryonnaire

Tableau 4. Résultats du pré et post-test

Séquences pédagogiques	Pré/post-test	Effectif N=	Moyenne /5	Ecart-type	Valeur de P
Spermatogenèse	Pré-test	58	1.53	0.995	0.001
	Post-test	58	2.05	1.016	
Ovogenèse	Pré-test	59	2.39	0.924	0.000
	Post-test	59	2.78	0.721	
Fécondation	Pré-test	61	1.31	0.847	0.131
	Post-test	61	1.49	0.906	
Première semaine	Pré-test	63	1.62	0.682	0.000
	Post-test	63	1.95	0.728	
Deuxième semaine	Pré-test	63	1.57	1.073	0.055
	Post-test	63	1.95	1.113	
Troisième semaine	Pré-test	63	2.68	1.242	0.000
	Post-test	63	3.13	0.871	
Quatrième semaine	Pré-test	58	2.17	1.028	0.000
	Post-test	58	3.29	1.009	

4.2.4 Résultats de l'évaluation académique

Un test t pour groupes indépendants a été mené afin de comparer les résultats des examens de la période 2018-2019 (cas) à ceux de la cohorte 2017-2018 (témoin). Il y avait une différence statistiquement significative dans les scores de la cohorte 2018-2019.

Tableau 5. Résultats académiques des deux cohortes cas/témoin

	Effectif	Moyenne	Ecart-Type	Valeur de p
Cohorte 2017/2018	64	10.963	3.3601	.000
Cohorte 2018/2019	65	14.560	2.8678	.000

4.2.5 Résultats du questionnaire

Les 63 étudiants avaient répondu à notre questionnaire.

Les données collectées à travers le questionnaire ont permis d'identifier 6 items.

4.2.5.1. Identification des conditions de l'utilisation de la vidéo pédagogique par les apprenants

Le tableau 6 présente les données relatives aux conditions d'utilisation de la vidéo par les apprenants. On constate qu'ils ont aussi bien visionné les vidéos en amont de la séance avec un taux de 84.9% de répondants positivement que pendant la séance au moment des activités avec un taux de 88%.

En ce qui concerne les moyens utilisés, 85.7% ont eu recours à des appareils mobiles et 51.7% à des ordinateurs de bureau.

Tableau 6. Conditions d'utilisation de la vidéo

	Totalement en accord	Plutôt en accord	Plutôt en désaccord	Totalement en désaccord
Q1.J'ai visionné les vidéos 3D avant de me présenter à la séance lorsque cela était recommandé par l'enseignant n=63	42.9%	46%	7.9%	3.2%
Q2.J'ai consulté les vidéos 3D durant la séance lors de la période des activités (pour répondre aux questions) n=63	57.1%	31.7%	7.9%	3.2%
Q3.J'ai souvent visionné les vidéos 3D sur des appareils mobiles (tablettes, smartphones, ordinateurs portables) n=63	47.6%	38.1%	6.3%	7.9%
Q4.J'ai souvent visionné les vidéos 3D sur des ordinateurs de bureau n=62	19.4%	32.3%	19.4%	29%

4.2.5.2. Evaluation de l'intérêt du travail en groupe des apprenants

Le tableau 7 présente un taux relativement important (32.3%) d'apprenants qui ne discutent pas des contenus avec les autres. Par contre 90.4% trouvent plus plaisant et éducatif de visionner des vidéos en groupe que de lire des manuels de cours.

Tableau 7. Intérêt des apprenants pour le travail en groupe

	Totalement en accord	Plutôt en accord	Plutôt en désaccord	Totalement en désaccord
Q5.J'ai souvent discuté du contenu des vidéos 3D avec d'autres étudiants n=62	24.2%	43.5%	22.6%	9.7%
Q6.J'ai trouvé plus plaisant et éducatif de visionner en groupe les vidéos 3D que de lire le manuel ou les notes de cours n=62	58.1%	32.3%	4.8%	4.8%

4.2.5.3. Evaluation de l'impact de la vidéo 3D sur l'engagement cognitif

Globalement, les données recueillies (tableau 8) démontrent qu'une majorité d'étudiants ont développé une maîtrise plus ou moins élevées des notions apprises dans le cours grâce à l'approche pédagogique faisant appel à la vidéo 3D.

Tableau 8. L'impact de la vidéo 3D sur l'engagement cognitif

	Totalement en accord	Plutôt en accord	Plutôt en désaccord	Totalement en désaccord
Q7. Les vidéos 3D ont suscité mon intérêt pour l'embryologie générale humaine n=62	54.8%	37.1%	3.2%	4.8%
Q8. Ma vision générale de l'embryologie a changé au point d'expliquer les étapes à des étudiants non concernés n=61	49.2%	36.1%	9.8%	4.9%
Q9. L'utilisation de la vidéo 3D a fait en sorte que j'ai consacré plus de temps à mon cours d'embryologie n=55	43.6%	41.8%	7.3%	7.3%
Q10.L'utilisation de la vidéo 3D m'a aidé à structurer le contenu théorique du cours par exemple de rédiger mon propre cours ou d'en faire un résumé n=62	48.4%	38.7%	11.3%	1.6%
Q11.Cette méthode d'enseignement m'a-t- elle aidé à prendre la parole (en public plus facilement) durant la séance n=62	41.9%	41.9%	12.9%	3.2%
Q12.Le test proposé en début et fin de séance m'a aidé à repérer mes lacunes n=62	59.7%	29%	8.1%	3.2%

4.2.5.4. Evaluation de l'impact de la méthode d'enseignement sur la réflexion versus action de l'apprenant vis-à-vis de ses apprentissages

La majorité des répondants confirment qu'il existe une complémentarité entre le contenu de la vidéo et les activités proposées durant les séances (tableau9).

Tableau 9. Evaluation de l'impact de la méthode d'enseignement

	Totalement en accord	Plutôt en accord	Plutôt en désaccord	Totalement en désaccord
Q13.L'utilisation de la vidéo 3D m'a aidé à crée des relations entre les diverses informations du cours ? n=62	62.9%	30.6%	3.2%	3.2%
Q14.Le contenu des vidéos 3D m'a aidé à réaliser les activités proposées durant les séances ? n=61	47.5%	45.9%	4.9%	1.6%
Q15.Les activités proposées durant les séances m'ont aidé à expliquer le contenu présenté dans les vidéos 3D n=61	41%	54.1%	1.6%	3.3%

4.2.5.5. Evaluation de la motivation des apprenants vis-à-vis des outils pédagogiques utilisés

La plupart des étudiants ont indiqué qu'ils étaient fortement satisfaits de l'efficacité de la méthode pédagogique et du degré de clarté du matériel de cours mis à part une proportion de 25.4% qui ne trouvent pas que la vidéo ne répond pas complètement aux objectifs de la séance (tableau 10).

Tableau 10. Evaluation de la motivation des apprenants vis-à-vis des outils pédagogiques utilisés

	Totalement en accord	Plutôt en accord	Plutôt en désaccord	Totalement en désaccord
Q16.Les vidéos 3D utilisées dans ce cours sont agréables à visionner n=61	45.9%	47.5%	4.9%	1.6%
Q17.Les notions apprises dans le cours magistral sont-elles retrouvées dans la vidéo 3D ? n=62	41.9%	45.2%	9.7%	3.2%
Q18.Les vidéos 3D ont elles su capter et maintenir mon attention du début à la fin des visionnements ? n=61	50.8%	39.3%	4.9%	4.9%
Q19.La durée des vidéos 3D était adéquate (suffisante pour répondre aux objectifs de la séance) ? n=63	47.6%	27%	20.6%	4.8%
Q20.Le contenu (pédagogique) des vidéos 3D était-il clair, cohérent et pertinent. (Par rapport au cours magistral) ? n=62	51.6%	40.3%	6.5%	1.6%
Q21.Les activités proposées pendant les séances ont-elles suscité mon intérêt (pour mieux comprendre le cours et les vidéos) ? n=62	51.6%	40.3%	4.8%	3.2%

4.2.5.6. Evaluation d'un modèle de syllabus proposé aux apprenants

Le tableau 11 et le tableau 12 révèlent un taux assez importants d'apprenants qui estiment que les objectifs d'apprentissage, le déroulement des séances ainsi que la quantité de travail attendu n'ont pas été clairement présentés.

Cependant, une majorité affirme que l'utilisation de la vidéo est une plus-value dans l'enseignement de l'embryologie générale.

Tableau 11. Evaluation d'un modèle de syllabus A

	PEU	ASSEZ	SUFFISAMMENT	BEAUCOUP
Q22.Les objectifs d'enseignement (ce que vous devez savoir à la fin du cours) ont été énoncés ?n=61	13.1%	29.5%	42.6%	14.8%
Q23.Le déroulement des séances de travaux dirigés a été clairement présenté ?n=63	6.3%	19%	49.2%	25.4%
Q24.Les séances étaient bien structurées (ont suivi un plan ou une méthode claire) ?n=63	7.9%	17.5%	55.6%	19%
Q25.La quantité de travail attendue avant la séance a été précisée ?n=63	14.3%	41.3%	41.3%	3.2%

Tableau 12. Evaluation d'un modèle de syllabus B

	Totalement en accord	Plutôt en accord	Plutôt en désaccord	Totalement en désaccord
Q26.L'utilisation de la vidéo 3D constitue un point faible de ce cours n=61	21.3%	16.4%	19.7%	42.6%
Q27.Globalement, je trouve que l'utilisation de la vidéo 3D dans ce cours a eu un effet positif sur mes apprentissages n=62	71%	24.2%	3.2%	1.6%
Q28.La méthode de déroulement des séances de travaux dirigés a eu un effet positif sur mon apprentissage n=62	61.3%	35.5%	1.6%	1.6%

4.2.5.7 Résultats des réponses aux questions ouvertes

Un pourcentage de 58,73% (n=37) des apprenants a répondu aux questions ouvertes. 75 commentaires ont été recensés, la majorité étaient positifs (74,66%).

Les réponses aux questions ouvertes du questionnaire ont été analysées et les résultats ont été regroupés dans le tableau 13 inspiré du travail Fleagle 2018[99].

L'analyse des commentaires libres des apprenants a permis de les classer en 4 items. Pour chacun, une analyse dichotomique sous forme de points faibles et forts a été effectuée.

Les apprenants ont déclaré que ce type de méthode d'enseignement ainsi que l'utilisation de la vidéo 3D a facilité leur apprentissage et la compréhension des différents phénomènes étudiés en embryologie générale humaine. Cependant certains apprenants ont soulevé la qualité des vidéos et qu'elles devaient être améliorées.

En outre, les apprenants interrogés ont déclaré que ce type d'enseignement leur a permis de prendre la parole en public et a facilité pour eux la communication avec l'enseignant et les autres étudiants.

Quoi qu'il en soit, plusieurs répondants ont mentionné qu'ils aimeraient voire la durée des séances de travaux dirigés augmenté de 1H30 à 2H, et qu'ils préféreraient travailler en groupes plus restreints (3 étudiants au lieu de 5 à 6).

Tableau 13. Analyse thématique des commentaires des étudiants suite à l'étude

Items retenus	Catégories des commentaires	Contenu des commentaires
Apprentissage avec la méthodologie proposée	Point fort	-meilleure assimilation du contenu -aide à se concentrer -facilite la prise de parole -le pré et post-test sont une bonne préparation à l'évaluation sommative
	Point faible	Aucun
	Suggestion	Aucune
Utilisation de la vidéo	Point fort	-faciliter l'imagination des différents processus
	Point faible	Aucun
	suggestion	Utiliser des ordinateurs de bureaux au lieu des smartphones
Qualité des vidéos	Point fort	Permet de combler les lacunes
	Point faible	Contenu insuffisant
	suggestion	Améliorer la qualité du son
Travail en groupe	Point fort	-Meilleure communication entre apprenants et avec l'enseignant -Identification des points faibles
	Point faible	Génère du bruit durant la séance
	suggestion	-Améliorer la gestion des groupes -Crée plus d'interaction -Proposer plus d'activités -Diminuer le nombre d'étudiants par groupe -Donner des points bonus

Discussion

5 Discussion

Notre travail était censé apporter une solution aux difficultés d'apprentissage et de mémorisation de l'embryologie générale humaine grâce à un outil multimédia tel que la 3D interactive associée à une pédagogie active ; dans cet optique l'organisation générale de notre cours d'embryologie a été complétée par une approche pédagogique innovante afin d'impliquer davantage les apprenants et stimuler leur apprentissage. L'analyse des résultats va nous permettre d'asseoir nos objectifs ou non et ceci est dépendant de plusieurs variables.

Ce chapitre comporte une discussion interne des résultats (quelle relation entre le contexte et les résultats obtenus) et une discussion externe en second lieu (quelle relation entre les résultats et l'avancée de la recherche).

5.1 Discussion des résultats de l'enquête préliminaire

Les premiers résultats à discuter sont ceux de la pré-enquête réalisée auprès d'étudiants volontaires, qui ont été résumés dans le tableau 2.

Une vision globale des résultats de la séance test nous indique d'ores et déjà que la majorité des apprenants se prêtent favorablement à la nouvelle méthode d'apprentissage, cependant quelques résultats restent disparates. Les résultats des commentaires libres et anonymes de certains étudiants seront analysés à la fin. Ces commentaires nous ont permis d'ajuster, adapter et contextualiser les étapes centrales de l'étude.

La majorité des apprenants trouve que la vidéo est agréable à regarder étant donné qu'ils passent d'une image statique muette vers une vidéo animée avec commentaire ce qui a suscité un intérêt croissant pour la matière.

Concernant la vidéo utilisée dans cette séance test, la durée était de 8min et plus, alors que les standards des vidéos pédagogiques sont de 6 min [66], ce qui est retrouvé dans les résultats de l'item 3 et 4 avec 27.8% qui n'ont pas suivi la vidéo du début à la fin, d'où l'intérêt de concevoir des vidéos plus courtes ou séquencées.

La majorité plurielle considère que le contenu de la vidéo comportait une cohérence entre l'image et la narration ; cela est directement en rapport avec les objectifs préconçus par l'enseignant à contrario des vidéos diffusées sur l'espace public (réseaux sociaux).

La lecture et l'écriture sont des fonctions supérieures du cerveau humain ce qui crée une charge cognitive élevée ; ceci fatigue l'apprenant et diminue les capacités d'apprentissage tandis que la vidéo stimule d'autres canaux de réception dont témoigne les résultats de l'item 7 et 13.

Il existe dans la vidéo un respect d'une suite logique dans la description des événements qui caractérisent le développement embryonnaire chose qu'on ne retrouve pas dans les images statiques comme en témoignent les résultats des items 8, 9, 10.

Le contenu de la vidéo a permis à l'étudiant une transition d'un mode passif vers un mode actif et il se prépare ainsi automatiquement à l'évaluation sommative ; ceci est retrouvé dans les résultats de l'item 11 et 12 en question inversée (les activités proposées aident à comprendre le contenu de la vidéo) ; ceci témoigne d'une corrélation directe entre le contenu de la vidéo et les activités proposées.

L'hétérogénéité des groupes (étudiants de paliers différents) et le travail fait en une seule séance nous a donné des résultats relativement négatifs en ce qui concerne la communication entre étudiants tel que ça été relevé dans l'item 6.

L'analyse des résultats du tableau 3 nous a permis de relever les points suivants :

- Les commentaires relatifs à la facilitation de l'apprentissage et la compréhension ainsi que ceux en rapport avec le travail en groupe, nous orientent vers une plus-value de cette méthode (enseignement hybride avec changement de la méthode au cours des séances de travaux dirigés) par rapport à la méthode traditionnelle (cours magistral, travaux dirigés qui n'étaient qu'une suite), et ceci a été rapporté également dans une étude récente de Priti Chaudhary[51].

- Concernant le rôle de l'enseignant, la suggestion des apprenants a été que l'enseignant devait commenter la vidéo et ceci a été pris en compte lors de l'étude.

- A propos du commentaire des étudiants quant au contenu insuffisant de la vidéo, ceci n'a pas été considéré vu que les vidéos pédagogiques doivent répondre à des standards de durée (6min)[66].

La lecture globale des résultats de l'enquête préliminaire nous a permis de constituer un socle sur lequel va se construire l'implémentation de l'approche pédagogique proposée

dans ce travail à savoir l'adhésion des étudiants à la méthode et l'acceptation de l'outil utilisé.

L'acceptation de l'outil nous ramène à la littérature. D'après les travaux de Timothy Fleagle [99] les vidéos peuvent avoir un impact puissant sur l'orientation des apprenants vers un nouveau sujet (créer de la motivation pour apprendre). Des études ont montré que les vidéos étaient perçues comme des supports «plus faciles à apprendre» par rapport au contenu principalement verbal, réduisant ainsi les obstacles à l'entrée sur de nouveaux sujets, maximisant l'attention et améliorant l'apprentissage et les compétences procédurales [66], [67].

5.2 Discussion des résultats de l'étude

5.2.1 Le travail en interphase (distanciel)

L'analyse des résultats des données récupérées à partir de Facebook insight a montré une adhésion totale des apprenants ; ceci témoigne d'un intérêt, d'une curiosité et d'un engagement qu'on peut mettre sous la coupe d'une certaine motivation intrinsèque (la motivation intrinsèque est une forme de curiosité qui pousse à vouloir apprendre parce que l'objet de l'apprentissage suscite un intérêt)[100]. Hubert Maisonneuve [76] confirme dans une méta-analyse que la mise en application du réseau social Facebook dans un enseignement hybride lui fournit un potentiel motivationnel.

Sur La figure 34, qui représente une phase d'adaptation des apprenants à un apprentissage collaboratif hybride, on retrouve une élévation corolaire des courbes réactions et commentaires suite à la vue des premières publications que ce soit en temps réel ou en décalé comme en témoigne les parties abscisses 18 jan- 20 jan (vue en concomitance) et 20 jan -23 jan (vue décalée).

La figure 35 représente la phase d'intégration de la nouvelle méthode dans les structures mentales des apprenants. Dans un enseignement hybride, l'apprenant change de comportement sociocognitif entre les phases présentielle et distancielles et dans cette dernière on assiste au développement d'une compétence d'interaction homme-machine qui n'est pas considéré comme une interaction utilisateur-interface, mais plus largement comme un espace interactif hétérogène [101].

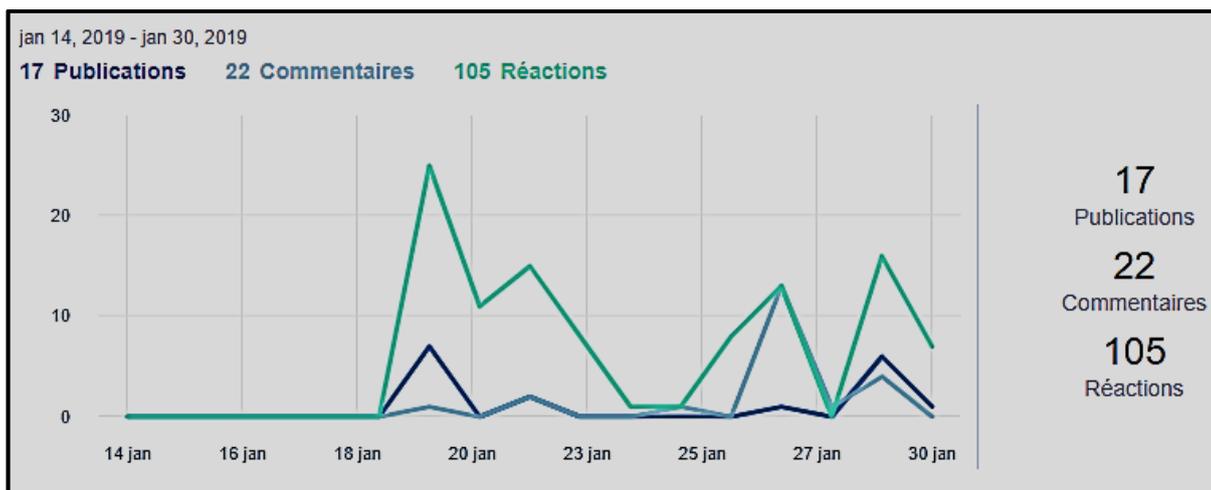


Figure 34. Résultats de l'activité à distance des étudiants au cours de la première phase (phase d'adaptation)

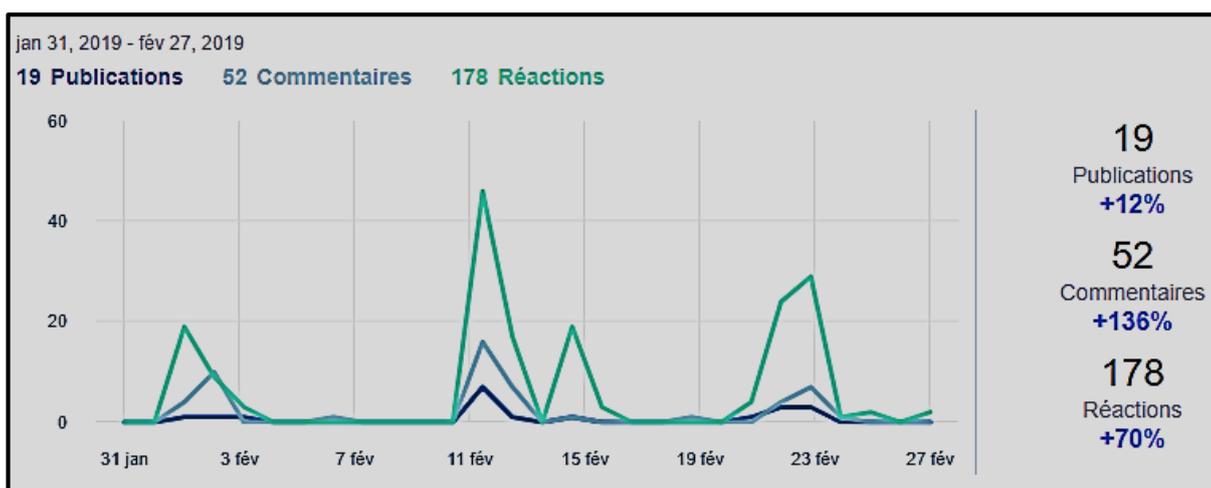


Figure 35. Résultats de l'activité à distance des étudiants au cours de la deuxième phase (phase d'intégration)

5.2.2 Discussion des résultats du pré et post-test

Le test t pour échantillon apparié qui a été utilisé pour évaluer les résultats du pré et post-test montre une différence significative pour l'ensemble des séances avec une valeur de $p < 0.05$ à l'exception des séances sur la fécondation ($p = 0.131$) et celle sur la deuxième semaine du développement embryonnaire ($p = 0.055$).

Dans la séance fécondation, les résultats montrent une différence qui est statistiquement non significative, ceci peut être expliqué par le fait que cette séance a été assurée par un autre enseignant non engagé dans le travail de recherche, habitué à une méthode d'enseignement plus directive et moins collaborative ; cela témoigne d'une fixation à la posture institutionnelle de l'enseignant, ce dernier a du mal à renoncer à son rôle [46] ; par ailleurs il n'a pas été suffisamment préparé (briffé par une seule séance uniquement).

Dans la séance sur la deuxième semaine, on retrouve le même résultat, cependant dans ce cas l'explication pourrait être rattachée à la durée de la vidéo qui dépasse largement les 6 min recommandées pour la conception de vidéos pédagogiques [66], étant donné que les normes de temps ne pouvait pas suffire à intégrer tout le contenu pédagogique.

Dans le reste des séances, les résultats étaient largement significatifs, on peut déduire que ce type de méthode développe la motivation, l'engagement cognitif et surtout l'adaptation à de nouvelles méthodes d'apprentissage.

5.2.3 Discussion des résultats de l'évaluation académique

A partir des données du tableau 5, la taille d'effet de notre intervention pédagogique a été calculé sur la valeur de d de Cohen tel que recommandé par John Hattie suite à ses travaux sur l'enseignement basé sur les données factuelles [102].

$d = (\text{moyenne de la cohorte cas} - \text{moyenne de la cohorte témoin}) / \text{moyenne des écarts type}$

Dans notre étude, la taille d'effet de notre intervention est de **1.155**.

Nous nous sommes référés à la grille proposée par Cohen [103] afin d'interpréter ce résultat.

$d > 0.2$ effet faible

$d > 0.5$ effet moyen

$d > 0.8$ effet fort

Pour notre valeur **1.155**, on peut dire que notre intervention pédagogique a eu un effet fort sur l'apprentissage.

Cette valeur n'est pas due au hasard étant donné que les biais de publication ont été pris en compte et ont été réduits. En effet, les deux promotions cas et témoin ont été évalué par le même enseignant ; les épreuves d'évaluation pour les deux promotions comportaient 25 questions à choix multiples de niveau de difficulté similaire.

Ajoutant à cela que le schéma conceptuel de l'étude utilisé a été une pré-enquête suivi de l'intervention pédagogique comportant des évaluations formatives pour chaque séance, suivie en dernier par une évaluation sommative et dont les résultats globaux sont concordants avec la valeur du d de Cohen. En effet, selon Little et al [104] la mise en place d'une évaluation formative avec pré-test peut améliorer l'apprentissage de l'information pré-testée.

5.2.4 Discussion des résultats du questionnaire

Les résultats du questionnaire ont été répartis en 6 items en adéquation avec le développement des compétences et des comportements.

- Identification des conditions de l'utilisation de la vidéo pédagogique par les apprenants

Les deux premières questions visent pour objectif l'instauration de la classe inversée ; ceci est retrouvé d'une manière objective chez les apprenants qui ont visionné en majorité les vidéos avant la séance et aussi lors de la séance elle-même. Selon la classification des styles d'apprentissage de Kolb [105], 88.9% d'apprenants peuvent correspondre au style « divergent » qui devraient apprécier la classe inversée pour sa nouveauté, les interactions sociales accrues et la créativité qu'elle suscite davantage qu'un cours classique. En revanche 11.1% pourraient être assimilés au profil « convergent » qui apprécieraient le moins la classe inversée ; leur préférence va aux applications concrètes et non à l'exposition de notions théoriques.

Les questions 3 et 4 identifient les moyens utilisés par les apprenants pour visionner les vidéos. 85.7% favorisent l'apprentissage mobile (utilisation de smartphone), tandis que 51.7% utilisent des ordinateurs de bureau. L'utilisation de ces derniers pourrait trouver son explication dans certains inconvénients de l'utilisation des smartphones dans l'apprentissage ; selon une revue systématique sur les effets (positifs et négatifs) de l'utilisation du smartphone, les effets négatifs sont les suivants [106] :

- Distraction par le statut sur les réseaux sociaux
 - Interruption du processus d'apprentissage pendant l'envoi de SMS ou réception d'appels
 - Difficulté à concilier leur apprentissage avec leur besoin de soutien social bien qu'ils veulent faire de leur apprentissage une priorité
- Evaluation de l'intérêt du travail en groupe des apprenants

Les questions 5 et 6 ont permis de mesurer la capacité d'interaction des apprenants au cours du travail en groupe.

32.3% non pas développés de compétences en communication suite à la mise en place de ce modèle de travail en groupe étant donné que ce dernier nécessite un changement de paradigme pour l'apprentissage. La responsabilité des étudiants augmente considérablement parce qu'ils doivent travailler de manière indépendante pour préparer les séances de travail en présentiel.

En effet, Selon Frame et al [107], certains étudiants résistent souvent à la mise en œuvre du travail collaboratif et préfèrent le cours magistral.

- Evaluation de l'impact de la vidéo 3D sur l'engagement cognitif

L'engagement cognitif est défini comme la mesure dans laquelle les étudiants sont désireux et capables de se charger de la tâche d'apprentissage en cours. Cela inclut le nombre d'étudiants qui sont prêts à investir des efforts dans le travail sur la tâche [112].

L'engagement cognitif comporte trois composants, comportemental, émotionnel et cognitif ; trois dimensions à l'engagement des étudiants, comme dont il est question ci-dessous [108] :

a. Engagement comportemental

Les étudiants qui ont un comportement engagé se conforment généralement aux règles de comportement des normes, telles que l'assiduité et la participation, et démontrent l'absence de comportement perturbateur ou négatif.

b. Engagement émotionnel

Les étudiants qui s'engagent émotionnellement éprouvent des réactions affectives telles que l'intérêt, le plaisir ou le sentiment d'appartenance au groupe.

c. Engagement cognitif

Les élèves engagés sur le plan cognitif seraient investis dans leur apprentissage, chercherait à aller au-delà des exigences.

Les étudiants ont exprimé un degré de satisfaction élevé quant à l'intégration de la vidéo 3D dans l'enseignement de l'embryologie générale. 91.9 % (question 7) sont en accord ou totalement en accord avec le fait que ce type de média pédagogique a permis de susciter leur intérêt pour la discipline.

Ceci transparaît dans le tableau 8 par l'intérêt primordial des étudiants à la vidéo. On retrouve la charge de la tâche de l'apprentissage car l'étudiant fournit l'effort d'expliquer à ses amis, et ceci est d'autant plus compliqué parce qu'ils ne sont pas concernés. L'étudiant en apportant une charge cognitive importante se met à la place d'un conteur. De cette étape va commencer la phase active d'apprentissage de l'étudiant.

Dans la question 10 on décèle l'apparition de nouvelles compétences qui sont la synthèse du cours à partir du visionnement de la vidéo ; nous rappelons que la synthèse représente une activité intellectuelle supérieure selon la taxonomie de Bloom [109].

On peut en déduire vu le degré de satisfaction des étudiants que l'utilisation de la vidéo 3D les a encouragés à assumer la responsabilité de leur propre apprentissage. Ils portent plus d'intérêt, ils expliquent aux autres en entrant dans un jeu de rôles ; ils consacrent plus de temps et ils structurent le contenu de leur cours. A partir des résultats de ce questionnaire on peut déduire que l'étudiant développe en un seul tenant plusieurs performances et même des compétences de haut niveau de la taxonomie de Bloom [109].

En réponse à la question 11, 83.8% considèrent que la méthode d'enseignement leur a permis de prendre la parole en public ; en effet les méthodes de pédagogie active développent chez l'apprenant des compétences communicatives.

Le test proposé en début et fin de séance représente un type d'évaluation formative qui a permis à 88.7% des étudiants de repérer leurs lacunes. Ceci rejoint les affirmations de recherches quantitatives et qualitatives qui ont montré que cette forme d'évaluation

pourrait être l'une des interventions les plus opérantes sur les performances des apprenants jamais étudiée[110].

- Evaluation de l'impact de la méthode d'enseignement sur la réflexion versus action de l'apprenant vis-à-vis de ses apprentissages

Dans la question 13, 93.5% des étudiants ont utilisé la vidéo pour créer des relations entre les diverses informations du cours. Ceci nous amène à réfléchir à la relation entre la quantité d'informations fournies et la possibilité de l'étudiant de trouver des liens ou des passerelles entre celles-ci. On peut assimiler cette situation à un transfert d'un savoir vers un savoir-faire (passage du cognitif au procédural).

Dans la question 14 on est dans le même principe d'un étudiant actif dans une approche par compétence qui va réaliser des activités (savoir-faire) à partir toujours de la vidéo qui peut dans ce cas inspirer l'étudiant à imaginer des activités.

- Evaluation de la motivation des apprenants vis-à-vis des outils pédagogiques utilisés

Des vidéos qui sont agréables à regarder suscitent l'attention et l'intérêt de l'étudiant. Celui-ci retrouve le contenu du cours magistral et va aller au bout de la vidéo pour retrouver les pré requis du cours. Il en déduit les objectifs pédagogiques de la séance et crée ainsi un pont virtuel entre le cours et le contenu didactique de la vidéo. Il trouve ce chenal de communication pertinent clair et compréhensible.

A la fin, les activités pendant les séances ont facilité l'apprentissage, tous ces éléments participent à développer une motivation intrinsèque. La motivation intrinsèque est une forme de curiosité qui pousse à vouloir apprendre parce que l'objet de l'apprentissage suscite un intérêt.

La motivation intrinsèque influence directement la qualité des apprentissages parce qu'elle favorise des processus cognitifs comme l'intensité de l'attention, la capacité de concentration, l'efficacité de la mémoire et le courage de s'aventurer dans l'inconnu et de prendre des risques[100].

- Evaluation d'un modèle de syllabus proposé aux apprenants

Dans l'enseignement supérieur, on s'accorde en général à dire qu'un syllabus (ou plan de cours) est une présentation générale d'un cours qui reprend toutes les informations

nécessaires aux étudiants pour comprendre l'organisation pédagogique de l'enseignement (le mode d'emploi pédagogique) ; un plan détaillé du cours sous forme d'une table des matières, les objectifs d'apprentissage du cours, les stratégies d'enseignement employées, la séquence ou planification des activités, les méthodes d'évaluation des apprentissages utilisées et leur poids respectif, de même que d'autres informations d'ordre pratique telles que des consignes de travail et les heures de disponibilité de l'enseignant [111].

Dans notre étude un taux important d'étudiants estime que le syllabus n'a pas été clairement présenté, cela peut s'expliquer par le fait que la méthode d'enseignement qu'on a utilisé est une méthode active centré sur l'apprenant alors que le syllabus proposé est centré sur l'enseignant, ce qui crée un conflit chez l'étudiant.

En effet une étude de S. Richmond [112] qui compare l'impact du syllabus centré sur l'apprenant à celui centré sur l'enseignant, retrouve qu'une approche centrée sur l'apprenant dans un programme d'études conduit à des attentes accrues en matière de maîtrise des comportements des enseignants et les rapports entre enseignants et étudiants.

Toutefois, si les enseignants choisissent de mettre en œuvre des modifications à leur programme d'études pour le rendre plus apprenant-centré, il est important de noter que ces changements philosophiques devraient également être apportés dans les pratiques de la classe.

A la lecture et l'analyse des différents résultats quantitatifs et qualitatifs ressort la notion d'un apprentissage actif intégrant la technologie. L'étudiant vit une nouvelle expérience. Au fur et à mesure que nous progressons dans l'apprentissage « actif », un groupe peut rendre la tâche plus efficace. Au sein du groupe, vous partagez la responsabilité de participer et de collaborer, de profiter des atouts de chacun des participants, et de compter sur eux pour une bonne gestion et un apprentissage efficace qui va le rendre plus responsable de sa formation, au fur et à mesure de cet apprentissage. Un groupe sort du lot qui va partager les responsabilités et développer un travail collaboratif.

Avec l'avènement de cette nouvelle méthode de travail, se développent chez l'apprenant les pouvoirs de communication (compétence requise dans sa pratique professionnelle future), d'organisation, d'où émane le paradigme du TBL (team based learning) qui englobe un partage des connaissances, une ambiance de travail et une mutualisation des compétences de chaque membre du groupe.

La vidéo 3D adaptée à une pédagogie active jouent un rôle primordial dans l'acquisition des connaissances et le développement de nouvelles compétences qu'on pourra évaluer dans un référentiel dédié à cela. Les vidéos pédagogiques sont perçues comme des supports plus faciles à apprendre par rapport au contenu principalement verbal, maximisant l'attention et améliorant les résultats d'apprentissage et les compétences procédurales [99]. Cependant certaines équipes de recherche recommandent d'associer la vidéo 3D à des approches pédagogiques structurées afin d'en maximiser les bénéfices sur le plan cognitif et l'apprentissage [67].

Ceci nous permet de faire un ancrage à l'état de l'avancée de la recherche actuelle dans ce domaine qui ne confronte pas la pédagogie et la technologie, mais les met côte à côte dans une optique d'améliorer les compétences ; ceci est confirmé par Lebrun [113] qui déclare « il n'est pas question d'opposer pédagogie et technologies, bien au contraire, elles apporteront un plus à l'enseignement dans le cadre de démarches pédagogiques innovantes, construites autour de l'activité de l'apprenant, du développement de ses compétences (au-delà de la simple accumulation de connaissances...), de la personnalisation des enseignements et de nouvelles formes d'évaluation qui le rendront plus actif et plus autonome dans sa formation ».

5.2.5. Compilation et comparaison des études similaires avec notre étude

Tableau 14. Etudes internationales analyse et comparaison

Etude	Schéma expérimental	Principaux résultats	Observation/comparaison
Three - Dimensional embryology models as teaching aids for first-year medical students [114]	L'étude a été menée avec deux groupes d'étudiants n = 87. Le pré-test a été effectué après les cours traditionnels d'embryologie et le post-test a été effectué après un enseignement basé sur un modèle 3D, Le résultat étudié était la différence dans les scores du domaine cognitif mesuré à l'aide d'une évaluation identique.	Des différences très significatives ont été observées entre les scores moyens du pré et post-test des deux groupes d'étudiants suite à l'enseignement basé sur la 3D.	Les modèles de 3D n'ont pas été conçus dans l'étude. Etude quantitative pure, pas de questionnaire de satisfaction. Les différences significatives entre les scores du domaine cognitif dans les prés et post-tests indiquent que l'utilisation de modèles d'embryologie tridimensionnelle permet l'apprentissage.
Combining traditional embryology lectures with technology and perception of students toward it [51]	Une étude qualitative utilisant des vidéos 3D et des animations d'embryologie qui ont été présentées aux étudiants lors d'une conférence didactique traditionnelle pour expliquer tous les aspects du développement de différents systèmes du corps dans 25 classes, d'une durée d'une heure chacune. La rétroaction a été prise à l'aide d'un questionnaire structuré pour connaître la perception des étudiants envers cet exercice d'utilisation de la technologie lors d'un cours d'embryologie	La technologie utilisée sous forme de vidéos et d'animations 3D a changé leur attitude envers l'apprentissage et leur apprentissage a été amélioré. Il a donné satisfaction aux étudiants en termes d'apprentissage et de compréhension du sujet.	Il s'agit d'une simple étude observationnelle

<p>The impact of using three-dimensional digital models of human embryos in the biomedical curriculum [64]</p>	<p>L'atlas 3D a été introduit et intégré dans les conférences et les cours pratiques d'un cours d'embryologie existant dans notre université pour les étudiants biomédicaux de première année. Au moyen d'un questionnaire, l'utilisation de l'atlas 3D a été évaluée. Les résultats des examens écrits ont été comparés entre les cohortes qui ont suivi le cours avant et après l'intégration de l'atlas 3D.</p>	<p>L'Atlas 3D améliore considérablement la compréhension des étudiants sur l'embryologie humaine, ce qui se traduit par des scores de test significativement plus élevés pour les nouveaux étudiants. De plus, l'atlas 3D a également considérablement amélioré les résultats des tests des répéteurs.</p>	<p>Dans cette étude, l'utilisation de la 3D a eu un impact significatif sur l'apprentissage.</p>
<p>Notre étude</p>	<p>Étude en deux phases de 2017 à 2019. La première concernait la conception des modèles 3D, la seconde a été menée selon les étapes du modèle ADDIE. Le modèle pédagogique développé a été implémenté au cours des séances de travaux dirigés de 1^{ère} année médecine dentaire suivant le schéma de la classe inversée avec phase présentielle et distancielle. Un questionnaire de satisfaction, ainsi que des évaluations formatives et sommatives ont été utilisées afin de recueillir les données</p>	<p>Un total de 63 apprenants avait participé à l'étude. L'outil Facebook insight a permis de relever une adhésion et avec augmentation de leur activité au sein du groupe. Les tests statistiques utilisés ont montré une différence significative dans les résultats des évaluations formatives. L'intervention pédagogique a eu un effet fort sur l'apprentissage selon le calcul de la taille d'effet de Hattie. Les résultats du questionnaire ont révélé un degré de satisfaction assez important des apprenants.</p>	<p>Elaboration de quelques modèles 3D. Etude mixte.</p>

A la lumière de l'analyse des données du tableau 14, on déduit que les deux études de N.Chekrouni et de SG.Kamkhedkar, ont des points communs avec notre étude. Le schéma expérimental s'est basé sur une étude quantitative longitudinale. Le déroulement de l'étude a comporté des tests avant et après l'intervention pédagogique. Les résultats ont été analysés par des tests statistiques.

La méthode et les résultats de l'étude de P.Chaudhary se sont basés sur l'observation et la lecture des données qualitatives, ceci représente un point commun avec notre étude.

5.3 Limites de l'étude

5.3.1. La faible puissance de l'échantillon :

La présente étude a été réalisée avec un petit échantillon en première année de médecine dentaire. Une plus grande étude avec une population d'étudiants plus importante serait nécessaire pour généraliser les résultats.

5.3.2. Limitation de l'imagination des apprenants :

Nous avons en face une génération d'étudiants avec un grand pouvoir créatif et une imagination débordante qu'ils puisent des ressources internet, du monde virtuel, des jeux vidéo ; leur proposer un livrable prêt va baliser leur imagination. Certes la vidéo est une image virtuelle presque réelle et l'étudiant ne va plus penser à autre chose comme par exemple essayer de déformer ces images ou les comparer à des choses existantes dans la vie.

5.3.3. Rôle de l'enseignant :

L'enseignant peut constituer une limite à notre étude en s'immisçant dans les activités des étudiants. Il se repositionne dans sa posture d'enseignant maître alors qu'il devrait être l'enseignant aide, facilitateur de l'apprentissage.

Conclusion

6 Conclusion et perspectives

A la lumière de cette recherche, nous avons pu mettre en exergue l'impact de l'intégration de nouvelles méthodes dans l'enseignement de l'embryologie générale humaine. Nous sommes passé d'un profil d'étudiant passif, dépendant de son programme et de son enseignant à un profil d'étudiant actif maître de son apprentissage, responsable de sa formation et tributaire de ses compétences acquises prêt à affronter le monde professionnel.

Notre étude a mis en évidence que la stratégie d'apprentissage actif et engageant dans une approche par compétence associé à l'utilisation de la 3D peut être considéré comme un outil d'apprentissage efficace en embryologie générale humaine.

Globalement, l'ajout de l'apprentissage actif à l'enseignement de l'embryologie humaine a amélioré les performances et les connaissances des étudiants. Les apprenants bénéficient d'une activité d'apprentissage active et engageante. L'amélioration des résultats académiques grâce à l'apprentissage actif met en évidence l'importance de l'implication des étudiants dans leur processus d'apprentissage.

A l'issue de cette étude, des recherches complémentaires devraient être menées à l'aide d'un haut niveau de preuves afin d'évaluer l'efficacité de diverses stratégies d'apprentissage susceptibles d'ouvrir une nouvelle porte à la formation en sciences médicales en général et à l'enseignement de l'embryologie en particulier.

Sur la base des résultats de notre recherche et des avancées de la littérature, nous proposons des recommandations tutélaires d'intégrer ces méthodes d'enseignement actives avec utilisation des technologies de l'information et la communication qui favorisent les opérations cognitives élevées, développent la motivation et l'intérêt de l'apprenant dans la conception du parcours curriculaire.

Plusieurs perspectives futures de recherche s'ouvrent à nous. Il serait intéressant de développer des modèles 3D dédiés à l'enseignement des malformations congénitales et même à leur dépistage. L'utilisation de l'intelligence artificielle, des logiciels de modélisation et autres outils technologiques continuera probablement à s'amplifier dans le futur et prendra une part de plus en plus importante dans la recherche dans le domaine

de la santé plus particulièrement dans des spécialités comme la chirurgie ou la radiologie interventionnelle.

La fusion entre santé, pédagogie et technologie constitue la principale perspective de ce travail. A l'ère de la quatrième révolution industrielle qui va combiner le monde réel au virtuel, ce triptyque constitue le principal outil de la recherche.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Aversi-Ferreira TA, Aversi-Ferreira RAGMF, Nascimento GNL do, Nyamdavaa E, Araujo MF, Ribeiro PP, et al. Teaching Embryology Using Models Construction in Practical Classes. *Int J Morphol*. Mars 2012.
2. Deschamps P. Conception d'un dispositif d'apprentissage en ligne, selon le modèle ADDIE, portant sur la compétence en asepsie du programme collégial Techniques de denturologie. Université de Sherbrooke ; 2015.
3. Schéma de présentation de l'utilisation des TIC dans l'enseignement médical — site cybertim. Disponible sur : <http://cybertim.timone.univ-mrs.fr/enseignement/ingenierie-tic/tic>
4. Théories de l'apprentissage et pratiques d'enseignement. Gérard Barnier. Le Cahier du FLE. Disponible sur : <https://cahierfle.wordpress.com/2009/08/11/theories-de-lapprentissage-et-pratiques-denseignement-gerard-barnier/>
5. Mayer RE. Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York, NY, US: Cambridge University Press; 2005. p. 31-48.
6. Centre international de la pédagogie de l'entreprise. *Pedagogie-Active.pdf* Disponible sur : <http://www.echange-cipe.com/cipe/upload/Pedagogie-Active.pdf>
7. Leboff E. Intérêts pédagogiques des technologies de l'information et de la communication. Université Toulouse III - Paul Sabatier ; 2012. Disponible sur: <http://thesesante.ups-tlse.fr/28/>
8. L'approche par compétences - Un levier de changement des pratiques en santé publique au Québec. INSPQ. Disponible sur: <https://www.inspq.qc.ca/publications/1228>
9. Théories de l'apprentissage et Age digital | Théories de l'apprentissage, Formation professionnelle et Apprentissage. Disponible sur: <https://www.pinterest.de/pin/445715694350897865/>
10. Chekour M, Laafou M, Janati-Idrissi R, L'évolution des théories de l'apprentissage à l'ère du numérique, *Revue de l'EPI (enseignement public et informatique)*, Fév. 2015. Disponible sur : <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1502b.htm>
11. Les Methodes Pedagogiques d'Avenir | Béhaviorisme | Pédagogie. Scribd. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/329383793/Les-Methodes-Pedagogiques-d-Avenir>

12. Da Costa J. BPMN 2.0 pour la modélisation et l'implémentation de dispositifs pédagogiques orientés processus. Université de Genève. Maitrise, 2014. <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:34738>.
13. Vincke G, Bihin B, Wauthy A-C, Al Zind E, Vervoort A, Depiereux E. Suivi des apprentissages au moyen d'évaluations formatives par questions à choix multiples diffusées sur le Web par le logiciel eTests. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*. 2014 ;11(1) :19.
14. Njimbon ngassam GR. L'informatisation de la formation professionnelle dans les organisations : cas du e-learning à la C.N.P.S. Mémoire Online. 2020. Disponible sur : https://www.memoireonline.com/10/17/10068/m_L-informatisation-de-la-formation-professionnelle-dans-les-organisations-cas-du-e-learning--la-C21.html
15. Duplâa E, Talaat N. Connectivisme et formation en ligne. *Distances et savoirs*. 2011 ; Vol. 9(4) :541-64.
16. Clauzard Ph. UE 15 Modèles d'apprentissage. Disponible sur: <http://www.philippeclauzard.fr/2018/11/modeles-d-apprentissage.html>
17. Ait Amar Meziane O. De la pédagogie par objectifs à l'approche par compétences : migration de la notion de compétence. *Synergies Chine*. 2014 ; (9) :145-153.
18. Nguyen D-Q, Blais J-G. Approche par objectifs ou approche par compétences ? Repères conceptuels et implications pour les activités d'enseignement, d'apprentissage et d'évaluation au cours de la formation clinique. *Pédagogie Médicale*. 1 nov 2007 ;8(4) :232-251.
19. Keddar K. De l'approche par objectifs (APO) à l'approche par compétences (APC) : Rupture ou continuité ? *Les cahiers du Crasc*. 2012 ; (21) : 33-45.
20. Chauvigné C, Coulet J-C. L'approche par compétences : un nouveau paradigme pour la pédagogie universitaire ? *Revue française de pédagogie Recherches en éducation*. 15 juill. 2010;(172) :15-28.
21. Définition et principes de l'APC - [page consultée le 23 janv 2020]. Disponible sur: <http://apcpedagogie.com/approche-par-competences/definition-principes-de-lapc/>
22. Tricot A. Charge cognitive et apprentissage. Une présentation des travaux de John Sweller. *Revue de Psychologie de l'Education*. 1998 ; (1) :37-64.
23. TELUQ L'université. Aujourd'hui. Théorie de la charge cognitive. [page consultée le 4 avril 2020]. Disponible sur: https://wiki.teluq.ca/wikimedia/index.php/Th%C3%A9orie_de_la_charge_cognitive

24. Van de Leemput C, Chauvin C, Hellemans C, editors. *Activités-humaines-Technologies-et-Bien-être*. Bruxelles. ARPEGE SCIENCE PUBLISHING. 2013.
25. *Pédagogie Active | Manifeste pour une pédagogie renouvelée, active et contemporaine*. [Page consultée le 4 janv 2020]. Disponible sur: <http://www.pedagogieactive.com/>
26. Rotellar C, Cain J. Research, Perspectives, and Recommendations on Implementing the Flipped Classroom. *Am J Pharm Educ*. 25 mars 2016 ;80(2).
27. Harrell KM. Enhancing Active Learning in a Medical Gross Anatomy and Embryology Course: A Flipped Classroom Approach. *The FASEB Journal*. 1 avr 2016 ;30(1_supplement) :785.9-785.9.
28. McCoy L, Pettit RK, Kellar C, Morgan C. Tracking Active Learning in the Medical School Curriculum : A Learning-Centered Approach. *J Med Educ Curric Dev*. 22 mars 2018 ;5.
29. *Méthodologie active. Actualité de la jeunesse*. [Page consultée le 29 janv 2020]. Disponible sur: <http://forme-jeunesse.com/methodologie-active/>
30. Stoltzfus JR, Libarkin J. Does the Room Matter? Active Learning in Traditional and Enhanced Lecture Spaces. *CBE Life Sci Educ*. 2016 ;15(4).
31. Miglio A, Farmer B, Gaiser G et al. *Active Learning Classrooms | Research, Teaching, and Learning*. UC Berkeley Educational Technologies services. Décembre 2012. Disponible sur: <https://rtl.berkeley.edu/active-learning-classrooms>
32. Talbert R, Mor-Avi A. A Space for Learning : A review of research on active learning spaces. *SocArXiv* ; 2018 oct. Disponible sur : <https://osf.io/vg2mx>
33. Bruff D. *Active Learning Classrooms*. Vanderbilt University. 2010. Disponible sur : <https://wp0.vanderbilt.edu/cft/guides-sub-pages/learning-spaces/>
34. Huez J, RUDELLE C, TALBOT L. Salles de pédagogie active, un outil pertinent pour favoriser l'apprentissage coopératif? Étude de cas dans deux écoles d'ingénieurs de Toulouse Tech. In : *Questions de Pédagogies dans l'Enseignement Supérieur*. Brest, France : ENSTA Bretagne, IMT-A, UBO ; 2019
35. Poellhuber B, Duclos A-M, Fournier St-Laurent S, Moukhachen M. Avantages et défis des classes d'apprentissage actif au collégial selon les enseignants et les étudiants : les résultats d'une première itération d'une recherche de type « design-based ». *Formation-profession*. 2018 ;26(1) :7.
36. Rézeau J. Médiation, médiatisation et instruments d'enseignement : du triangle au « carré pédagogique ». *ASp la revue du GERAS*. 1 déc 2002;(35-36):183-200.

37. Duguet A, Morlaix S. Le numérique à l'université : facteur explicatif des méthodes pédagogiques ? *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*. 15 nov 2018 ;34(34(3)).
38. Actus F. Vers la fin des cours magistraux ? *Formation Actus*. 2014 [Page consultée le 29 janv 2020]. Disponible sur: <http://formation-actus.fr/cours-magistraux/>
39. Freeman S, Eddy SL, McDonough M, Smith MK, Okoroafor N, Jordt H, et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 10 juin 2014 ;111(23) :8410-5.
40. Enseignement magistral | Outil d'aide à la scénarisation. [Page consultée le 21 janv 2020]. Disponible sur: <http://aide.ccdmd.qc.ca/oas/fr/node/134>
41. Cottin V, Mornex J-F, Cordier J-F. Enseignement magistral :Intérêt potentiel de son intégration aux stageshospitaliers et de la réalisation de contrôlesde connaissance impromptus. *Pédagogie Médicale*. Mai 2002 ;3(2) :97-100.
42. Ladage C. L'hybridation dans l'enseignement universitaire pour repenser l'articulation entre cours magistraux et travaux dirigés. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*. 20 juin 2016 ;32(32(2)).
43. Lakrami F, Labouidya O, Elkamoun N. Pédagogie universitaire et classe inversée : vers un apprentissage fructueux en travaux pratiques. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*. 15 nov 2018 ;34(34(3)).
44. Chen M, Ni C, Hu Y, Wang M, Liu L, Ji X, et al. Meta-analysis on the effectiveness of team-based learning on medical education in China. *BMC Med Educ*. 10 avr 2018 ;18.
45. Vasan NS, DeFouw DO, Holland BK. Modified use of team-based learning for effective delivery of medical gross anatomy and embryology. *Anatomical Sciences Education*. 2008 ;1(1) :3-9.
46. McLaughlin JE, Roth MT, Glatt DM, Gharkholonarehe N, Davidson CA, Griffin LM, et al. The flipped classroom: a course redesign to foster learning and engagement in a health professions school. *Acad Med*. févr 2014;89(2):236-43.
47. Lage MJ, Platt GJ, Treglia M. Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education*. 2000 ;31(1) :30-43.
48. Kim MK, Kim SM, Khera O, Getman J. The experience of three flipped classrooms in an urban university : an exploration of design principles. *The Internet and Higher Education*. 1 juill. 2014 ;22 :37-50.
49. Rotellar C, Cain J. Research, Perspectives, and Recommendations on Implementing the Flipped Classroom. *Am J Pharm Educ*. 25 mars 2016;80(2).

50. « Flipped Class Room Education » can inspire the modern teaching sytem for Fashion-How in the context of a middle-incoming country like Bangladesh ? ResearchGate. [Page consultée le 29 janv 2020]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/post/Flipped_Class_Room_Education_can_inspire_the_modern_teaching_sytem_for_Fashion-How_in_the_context_of_a_middle-incoming_country_like_Bangladesh2
51. Chaudhary. Combining traditional embryology lectures with technology and perception of students toward it. 2019 ; 5(4) : 290-296.
52. Bates T. L'enseignement à l'ère numérique- Des balises pour l'enseignement et l'apprentissage. [Livre en ligne].2014. Disponible sur: <https://www.tonybates.ca/tag/lenseignement-a-lere-numerique/>
53. AlFallouji M. L'évaluation d'un dispositif de formation hybride à l'intention d'une population en situation d'urgence. Le cas d'une formation proposée à des réfugiés syriens en Jordanie. [Mémoire de maîtrise universitaire en sciences et technologies de l'apprentissage et de la formation]. Genève : Université de Genève Faculté de psychologies et de sciences de l'éducation ; 2018.
54. Hamilton J, Carachi R. Clinical embryology : is there still a place in medical schools today ? *Scottish Medical Journal*. 2014 ; 54(4) :188-92.
55. Carlson BM. Embryology in the medical curriculum. *The Anatomical Record*. 15 avr 2002 ;269(2) :89-98.
56. Al-Neklawy AF. Online Embryology teaching using learning management systems appears to be a successful additional learning tool among Egyptian medical students. *Ann Anat*. nov 2017;214:9-14.
57. Sheng-Bin B, Hong-Xiang C, Li T, Li-Bin L, Tian L, Shu-Mei F, et al. Establishment and Significance of Digital Embryo Library for Enhancing Embryology Teaching Effect. In: Li S, Jin Q, Jiang X, Park JJ, éditeurs. *Frontier and Future Development of Information Technology in Medicine and Education*. Dordrecht : Springer Netherlands ; 2014. p. 1913-7.
58. Patel SR, Margolies PJ, Covell NH, Lipscomb C, Dixon LB. Using Instructional Design, Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate, to Develop e-Learning Modules to Disseminate Supported Employment for Community Behavioral Health Treatment Programs in New York State. *Front Public Health*. 7 mai 2018 ;6.
59. Schleich Jean-Marc, Dillenseger Jean-Louis. Virtual Imaging for Teaching Cardiac Embryology. *Circulation*. 11 déc 2001;104(24):134-134.
60. Yamada S, Nakano S, Makishima H. Novel Imaging Modalities for Human Embryology and Applications in Education : HUMAN EMBRYO IMAGING AND APPLICATION. *The Anatomical Record*. 23 avr 2018;301.

61. Garcia LG, Moraes MG de, Rodrigues GM, Santos DC dos. EMBRIO v2.0 — A Virtual Learning Environment for Embryology Teaching. *International Journal of Information and Education Technology*. 2017 ;7(4) :297-300.
62. Azkue J-J. A digital tool for three-dimensional visualization and annotation in Anatomy and Embryology learning. *European Journal of Anatomy*. 2013 ; 17(3) : 146-154.
63. Bakker BS de, Jong KH de, Hagoort J, Bree K de, Besselink CT, Kanter FEC de, et al. An interactive three-dimensional digital atlas and quantitative database of human development. *Science*. Nov 2016 ;354(6315).
64. Chekrouni N, Kleipool RP, de Bakker BS. The impact of using three-dimensional digital models of human embryos in the biomedical curriculum. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*. Oct 2019 ;151430.
65. Evans DJR. Using embryology screencasts: a useful addition to the student learning experience? *Anat Sci Educ*. avr 2011;4(2):57-63.
66. Brame CJ. Effective Educational Videos: Principles and Guidelines for Maximizing Student Learning from Video Content. *CBE Life Sci Educ*. 2016 ;15(4).
67. Koscinski I, Alaoui-Lasmali KE, Patrizio PD, Kohler C. Videos for embryology teaching, power and weakness of an innovative tool. *Morphologie*. Mai 2019.04.001; Disponible sur : <https://www.em-consulte.com/en/article/1292692#N101A9>
68. Technologies de l'information et de la communication (TIC). 2017 [Page consultée le 28 sept 2018]. Disponible sur: <http://uis.unesco.org/fr/node/335129>
69. What Is Web 2.0 - O'Reilly Media. [Page consultée le 22 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>
70. White G. ICT trends in éducation. Australian Council for Educational Research ; 2008.
71. Hollinderbäumer A, Hartz T, Uckert F. Education 2.0 -- how has social media and Web 2.0 been integrated into medical education ? A systematical literature review. *GMS Z Med Ausbild*. 2013;30(1):Doc14.
72. Meur S. Génération Z : qui sont-ils ? [Page consultée le sept 2018]. Disponible sur: http://diplomeo.com/actualite-generation_z
73. Les apprenants de la génération Z et les TIC - Service de soutien à la formation - Université de Sherbrooke [Page consultée le 24 sept 2018]. Disponible sur: <https://www.usherbrooke.ca/ssf/veille/perspectives-ssf/numeros-precedents/decembre-2015/le-ssf-veille/les-apprenants-de-la-generation-z-et-les-tic/>

74. Pander T, Pinilla S, Dimitriadis K, Fischer MR. The use of Facebook in medical education – A literature review. *GMS Z Med Ausbild.* 15 août 2014 ;31(3).
75. Facebook users worldwide 2019. Statista. [Page consultée le 22 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/>
76. Maisonneuve H, Rougerie F, Chambe J. Facebook : un outil d'apprentissage en éducation médicale ? *Pédagogie Médicale.* 1 févr 2015;16:65-77.
77. Ali A. Medical students' use of Facebook for educational purposes. *Perspectives on Medical Education.* Juin 2016 ;5(3) :163-9.
78. Pempek TA, Yermolayeva YA, Calvert SL. College students' social networking experiences on Facebook. *Journal of Applied Developmental Psychology.* 1 mai 2009 [cité 21 sept 2018];30(3):227-38.
79. Sandars J, Homer M, Pell G, Croker T. Web 2.0 and social software : the medical student way of e-learning. *Medical Teacher.* 1 janv 2008;30(3):308-12.
80. Bosslet GT, Torke AM, Hickman SE, Terry CL, Helft PR. The Patient–Doctor Relationship and Online Social Networks : Results of a National Survey. *J GEN INTERN MED.* 1 oct 2011 ;26(10):1168-74.
81. Gray K, Annabell L, Kennedy G. Medical students' use of Facebook to support learning : Insights from four case studies. *Medical Teacher.* 1 déc 2010 ;32(12) :971-6.
82. Pickering JD, Bickerdike SR. Medical student use of Facebook to support preparation for anatomy assessments. *Anat Sci Educ.* juin 2017;10(3):205-14.
83. El Bialy S, Jalali S, Jaffar AA. Integrating Facebook into Basic Sciences Education : A Comparison of a Faculty-Administered Facebook Page and Group. *Austin Journal of Anatomy.* 2014 ; 1(3) :1015.
84. Potts HWW. Student experiences of creating and sharing material in online learning. *Med Teach.* 2011;33(11):e607-614.
85. Cheston CC, Flickinger TE, Chisolm MS. Social media use in medical education: a systematic review. *Acad Med.* juin 2013;88(6):893-901.
86. Sutherland S, Jalali A. Social media as an open-learning resource in medical education: current perspectives. *Adv Med Educ Pract.* Juin 2017 ;8 :369-75.
87. Basque, J. Introduction à l'ingénierie pédagogique (4e éd.). Texte rédigé pour le cours en ligne TED 6312 Ingénierie pédagogique et technologies éducatives (ted6312.telug.ca). Montréal, Canada : Université TÉLUQ. 25 pages.2017.
88. Découvrez le modèle ADDIE - Gérez un projet d'ingénierie pédagogique - OpenClassrooms. [page consultée le 23 janv 2020]. Disponible sur:

- <https://openclassrooms.com/fr/courses/5140556-gerez-un-projet-dingenierie-pedagogique/5234176-decouvrez-le-modele-addie>
89. Dumont M-A. Une proposition de modèle de design pédagogique dans un processus de co-conception d'un jeu sérieux par des apprenants-concepteurs. [Mémoire de Maîtrise en technologie éducative]. Québec : Université Laval ; 2014.
 90. ADDIE — EduTech Wiki. [Page consultée le 23 janv 2020]. Disponible sur: <http://edutechwiki.unige.ch/fr/ADDIE>
 91. Koehler MJ, Mishra P, Kereluik K, Shin TS, Graham CR. The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In: Spector JM, Merrill MD, Elen J, Bishop MJ, éditeurs. Handbook of Research on Educational Communications and Technology. New York, NY : Springer New York ; 2014. p. 101-11.
 92. Modèle TPACK (Koehler & Mishra) | Usages pédagogiques des MITIC. [Page consultée le 23 janv 2020]. Disponible sur: <https://tecfalabs.unige.ch/mitic/node/94>
 93. Association of American Medical Colleges. Effective Use of Educational Technology in Medical Education. Colloquium on Educational Technology : Recommendations and Guidelines for Medical Educators ; 2007 ; Washington.
 94. Phillips C. Construire une séquence pédagogique en enseignement professionnel. Rectorat de l'Académie de Strasbourg, Service Académique de l'apprentissage ; 2005 ; Strasbourg. Disponible sur: https://eduscol.education.fr/educnet/cnraa/pedagogie/demarches/archives/sequence-formation/prep_sequence_enseig_prof.pdf
 95. Sadler TW, Langman J. Langman's medical embryology. 12th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2012. 384 p.
 96. Campus Embryologie. Disponible sur: <http://campus.cerimes.fr/histologie-et-embryologie-medicales/>
 97. Lakhdari N. Modélisation en 3d du développement embryonnaire. [Thesis]. 2016. Disponible sur : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/10884>
 98. Desparois A, Lambert C, Collège André-Grasset, Service de la recherche. La vidéo au service des apprentissages: impact sur la motivation et la réussite des étudiants. 2014.
 99. Fleagle TR, Borcharding NC, Harris J, Hoffmann DS. Application of Flipped Classroom Pedagogy to the Human Gross Anatomy Laboratory: Student Preferences and Learning Outcomes. Anat Sci Educ. Juill. 2018 ;11(4) :385-96.
 100. Guillemette F. intégrer l'enseignement stratégique dans sa classe. Enseignement stratégique et autonomisation. Dans A. Presseau (Dir.) ; Montréal ; 2004 ; 141-162.

101. Pochon L-O, Grossen M. Les interactions homme-machine dans un contexte éducatif : un espace interactif hétérogène. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*. 1997 ;4(1) :41-66.
102. Hattie J, Masters D, Birch K. *Visible Learning into Action : International Case Studies of Impact*. Amazon.co.uk : Books. Disponible sur: <https://www.amazon.co.uk/Visible-Learning-into-Action-International/dp/1138642290>
103. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates; 1988. 567 p.
104. Little J, Bjotk E. *Pretesting with Multiple-choice Questions Facilitates Learning*. 2011.
105. Innovalie. Dabaptiste. David KOLB – L'apprentissage par l'expérience. Innovalie. 2015 [Page consultée le 19 janv 2020]. Disponible sur: <https://innovalie.wordpress.com/2015/08/20/david-kolb-lapprentissage-par-lexperience/>
106. Kuldip Singh M, Samah N. *Impact of Smartphone: A Review on Positive and Negative Effects on Students*. *Asian Social Science*. 22 oct 2018;14:83.
107. Frame TR, Cailor SM, Gryka RJ, Chen AM, Kiersma ME, Sheppard L. *Student Perceptions of Team-based Learning vs Traditional Lecture-based Learning*. *Am J Pharm Educ*. 25 mai 2015;79(4):51.
108. Sesmiyanti S. *Student's Cognitive Engagement in Learning Process*. *Journal Polingua : Scientific Journal of Linguistics, Literature and Education*. Mars 2018 ;5 :48-51.
109. Bloom et al -*Taxonomy of Educational Objectives*. Longmans, Green and COLTD. London ; 1956. Disponible sur : <https://www.uky.edu/~rsand1/china2018/texts/Bloom%20et%20al%20-Taxonomy%20of%20Educational%20Objectives.pdf>
110. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement. *Evaluer l'apprentissage L'évaluation formative*. Conférence internationale OCDE/CERI " Apprendre au XXIe siècle : recherche, innovation et politiques » ; 2008.
111. Daele A, Sylvestre E. *Elaborer un syllabus de cours (ou plan de cours)*. Centre de soutien à l'enseignement. Université de Lausanne ; 2013.Disponible sur : www.unil.ch/cse.
112. Richmond AS, Slattery JM, Mitchell NG, Morgan RK, Becknell JS. *Can a learner-centered syllabus change students' perceptions of student-professor rapport and master teacher behaviors?* In 2016.

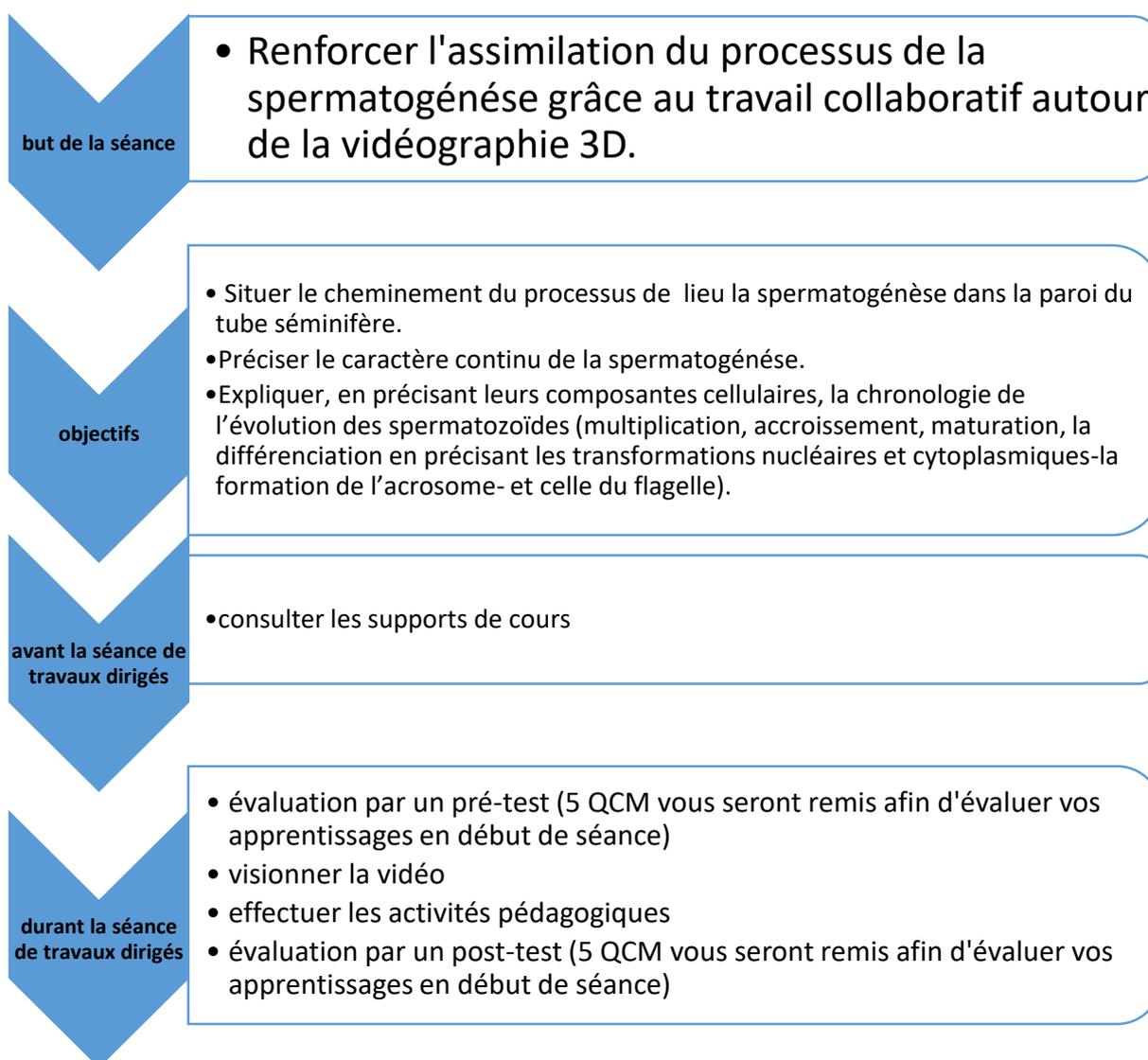
113. Lebrun M. Pédagogie et technologie : en marche vers « l'autrement ». *Pédagogie Médicale*. Oct 2000 ;1(1) :45-53.
114. Kamkhedkar SG, Kartikeyan S, Malgaonkar AA. Three-Dimensional embryology models as teaching aids for first-year medical students. *Int Jour of Biomed Res*. Avr 2017 ;8(4) :177-81.

Annexes

Annexe 1A**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID****FACULTE DE MEDECINE****1 ERE ANNEE MEDECINE DENTAIRE****MODULE : HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE****SEANCE DE TRAVAUX DIRIGES N° 1 : LA SPERMATOGENESE**

Les séances de travaux dirigés se dérouleront en petits groupes de 5 à 6 étudiants.

Dans chaque petit groupe, au moins un étudiant doit ramener son ordinateur portable.



Annexe 1B

Pré-test/post-test

Nom :

Prénom :

Groupe :

Séance de travaux dirigés 4 : LA
SPERMATOGENESE**1. Quelle cellule possède le plus grand noyau dans l'épithélium séminal ?**

- a. Les spermatogonies de type A.
- b. Les spermatocytes primaires.
- c. Les spermatides.
- d. Les spermatocytes secondaires.
- e. Les spermatogonies de type B.

2. Laquelle des phases suivantes de la spermatogenèse est la plus courte ?

- a. La prophase de la première division méiotique.
- b. La spermiogénèse.
- c. La mitose des spermatogonies.
- d. La deuxième division méiotique.
- e. La mitose des spermatides.

3. La spermiogénèse englobe les processus suivants :

- a. La condensation du noyau.
- b. La formation de l'acrosome.
- c. La formation du flagelle.
- d. La réduction du cytoplasme.

a+b+c

a+c

b+d

d

a+b+c+d

4. Laquelle des fonctions suivantes n'est pas prise en charge par les cellules de Sertoli ?

- a. Transmissions de stimulations hormonales aux cellules germinales.
- b. Maintien et mise en place de la barrière hémato-testiculaire.
- c. Fonction de soutien et nourricière pour les cellules germinales.
- d. Transport des spermatozoïdes encore immobiles par des mouvements ciliaires.
- e. Libération des spermatozoïdes depuis l'épithélium germinal dans la lumière.

5. Le flagelle du spermatozoïde se forme à partir d'un élément de la spermatide, lequel ?

- a. La vésicule proacrosomique.
- b. L'appareil centriolaire.
- c. L'appareil de Golgi.
- d. Le manchon mitochondrial.

Annexe 2A

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID

FACULTE DE MEDECINE

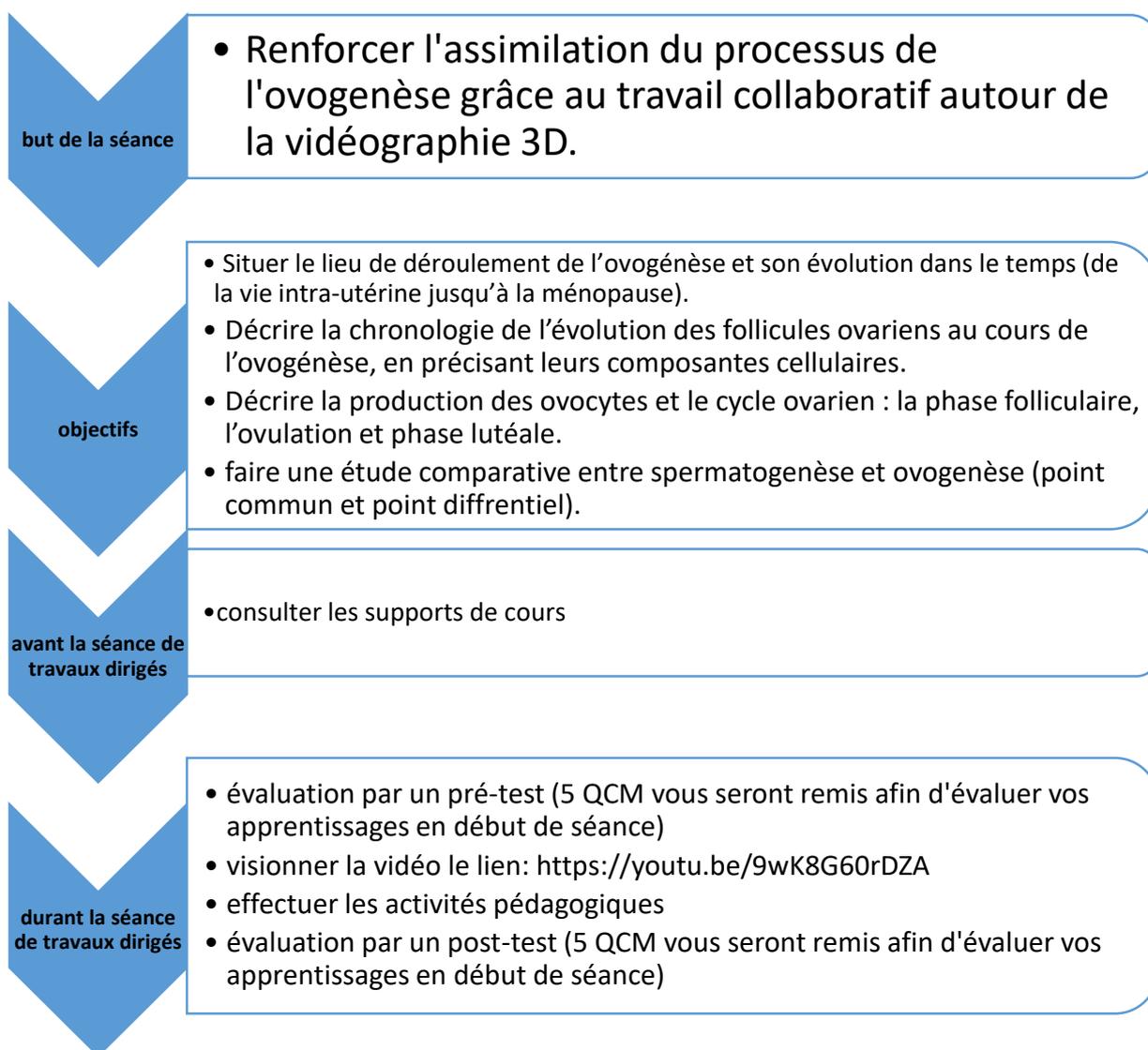
1 ERE ANNEE MEDECINE DENTAIRE

MODULE : HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE

SEANCE DE TRAVAUX DIRIGES N° 2 : L'OVOGENESE

Les séances de travaux dirigés se dérouleront en petits groupes de 5 à 6 étudiants.

Dans chaque petit groupe, au moins un étudiant doit ramener son ordinateur portable.



Annexe 2B

Pré-test/Post-test

Nom :

Prénom :

Groupe :

Séance de travaux dirigés 1 :
L'OVOGENESE**1. Concernant l'ovogenèse, la phase de multiplication :**

- a. Désigne la transformation des ovocytes I en ovocytes II.
- b. A lieu au cours de la vie intra-utérine.
- c. Aboutit à la constitution d'un stock de 300 millions d'ovocytes I.
- d. N'existe pas, contrairement à la spermatogenèse.

2. Les ovocytes I :

- a. Peuvent rester quiescents pendant 20ans.
- b. S'entourent d'une assise de cellules folliculeuses, définissant un follicule mûr.
- c. Se transforment immédiatement en ovocytes II.
- d. Sont des cellules haploïdes.

3. Le follicule antral se caractérise par :

- a. Une formation pleine, arrondie : l'antrum.
- b. L'absence de thèques.
- c. L'accroissement progressif de la cavité folliculaire.
- d. Sa taille 50 μ m de diamètre.

4. L'ovulation libère :

- a. Un ovocyte II entouré de structures péri-ovocytaires.
- b. Un ovocyte I bloqué en prophase I.
- c. Un ovocyte II bloqué en prophase II.
- d. Un ovocyte I bloqué en métaphase II.
- e. Un ovocyte I entouré de sa zone pellucide.

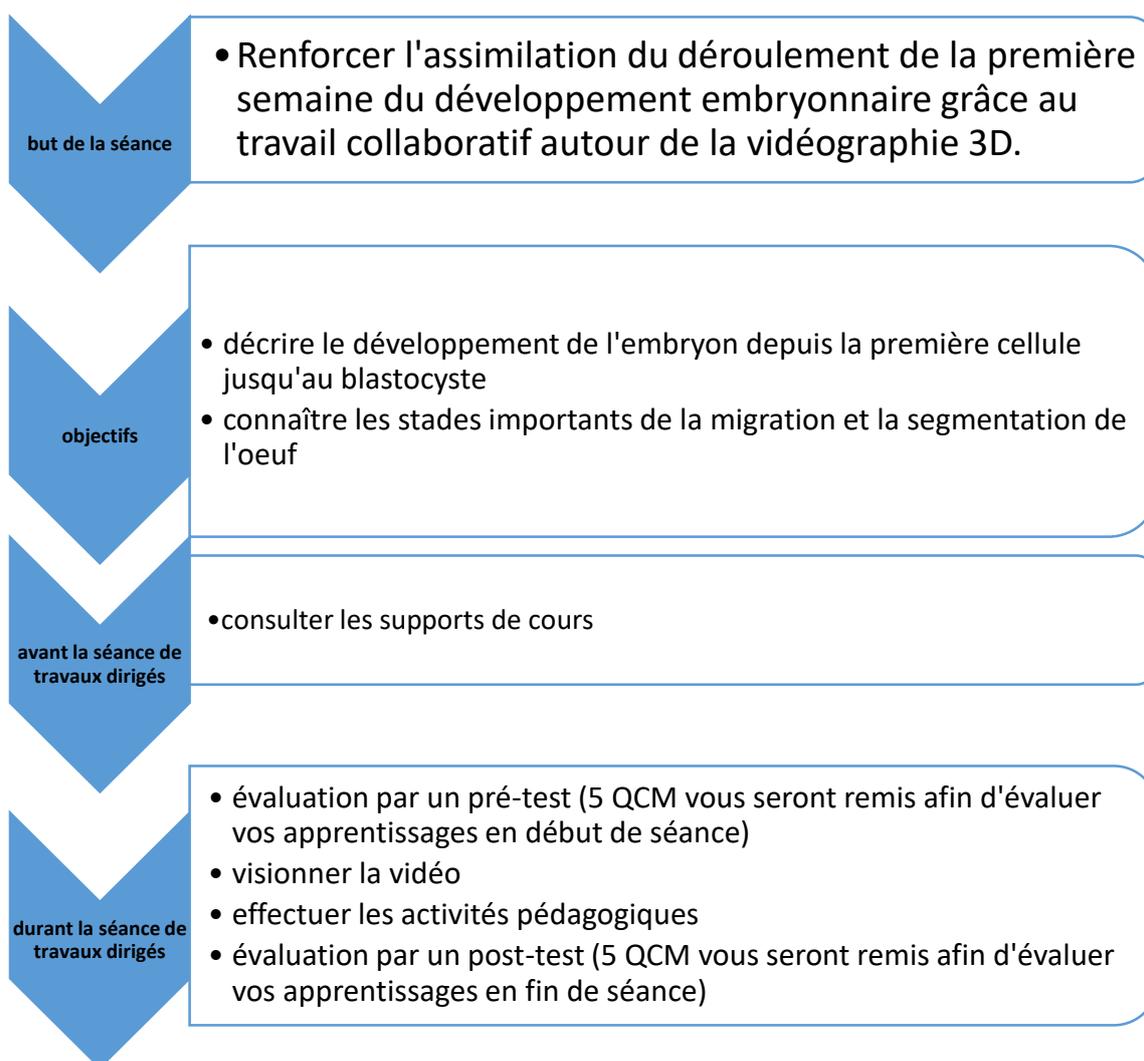
5. Durant l'ovogenèse, la phase de multiplication :

- a. S'effectue durant toute la vie.
- b. Ne commence qu'à la puberté.
- c. Ne se fait qu'à partir de la naissance.
- d. Se réalise durant toute la vie fœtale du 3^{ème} au 7^{ème} mois.

Annexe 3A**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID****FACULTE DE MEDECINE****1 ERE ANNEE MEDECINE DENTAIRE****MODULE : HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE****SEANCE DE TRAVAUX DIRIGES N° 4 : LA PREMIERE SEMAINE DU
DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE**

Les séances de travaux dirigés se dérouleront en petits groupes de 5 à 6 étudiants.

Dans chaque petit groupe, au moins un étudiant doit ramener son ordinateur portable.



Annexe 3B

Pré-test/Post-test

Nom :

Prénom :

Groupe :

Séance de travaux dirigés 1 : LA
PREMIERE SEMAINE DU
DEVELOPPEMENT
EMBRYONNAIRE

1. Parmi les événements suivants, lesquels se déroulent pendant la 1^{ère} semaine du développement embryonnaire ?

- A. Segmentation
- B. Implantation
- C. Différenciation du syncytiotrophoblaste
- D. Migration
- E. Mise en place du mésenchyme extra-embryonnaire

2. Parmi les stades suivants de développement d'un embryon, pour lequel pouvez-vous observer une cavité centrale ?

- A. Œuf fécondé
- B. Stade 4 cellules
- C. Stade morula
- D. Stade blastocyste
- E. Stade blastocœle

3. La morula présente-t-elle les caractères suivants :

- A. Le stade morula se caractérise par 16 cellules.
- B. Elle n'est pas entourée par la zone pellucide.
- C. Les cellules périphériques sont plus grandes que les cellules internes.
- D. La morula est plus grande que l'ovocyte d'origine.
- E. Au stade morula, l'œuf a un diamètre de 500µm.

4. Durant la migration :

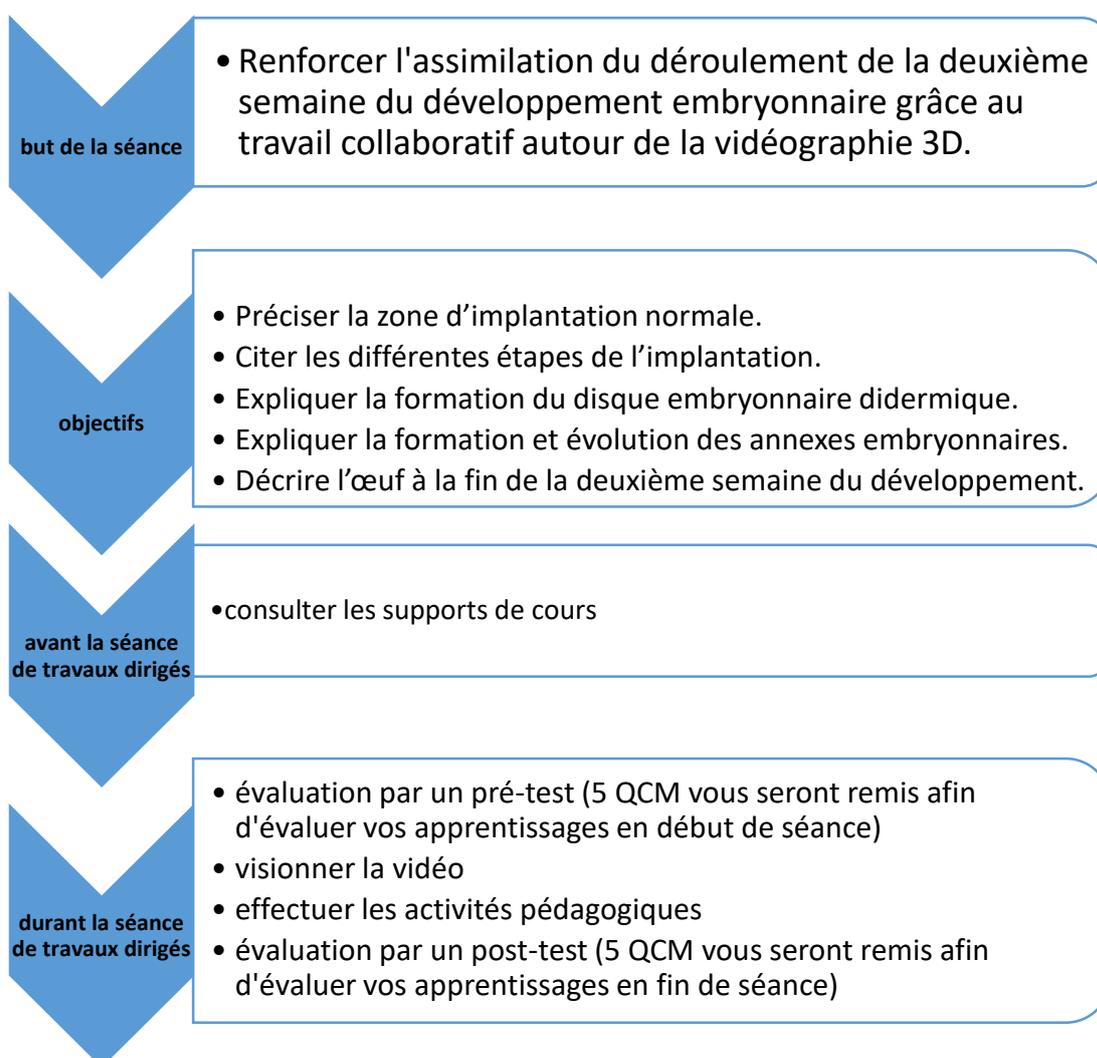
- A. Le stade 2 blastomères est observé au niveau de l'isthme.
- B. Le stade morula au niveau de la cavité utérine.
- C. Le blastocyste s'accôle à l'endomètre le 7^{ème} jour.
- D. Le stade 64 blastomères au niveau du segment interstitiel.

Annexe 4A**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID****FACULTE DE MEDECINE****1 ERE ANNEE MEDECINE DENTAIRE****MODULE : HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE**

**SEANCE DE TRAVAUX DIRIGES N° 5 LA DEUXIEME SEMAINE DU
DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE**

Les séances de travaux dirigés se dérouleront en petits groupes de 5 à 6 étudiants.

Dans chaque petit groupe, au moins un étudiant doit ramener son ordinateur portable.



Annexe 4B

Pré-test/post-test

Nom :

Prénom :

Groupe :

Séance de travaux dirigés 5 : LA
DEUXIEME SEMAINE DU
DEVELOPPEMENT

1. A propos de la deuxième semaine, indiquez la/les bonne(s) réponse(s).

- A. Deux couches cellulaires distinctes apparaissent aux jours 7 - 8.
- B. Le trophoblaste donne l'ectoblaste et l'entoblaste.
- C. L'entoblaste contribue aux tissus du futur embryon.
- D. Les cellules de l'ectoblaste sont aplaties ou cubiques.
- E. Les cellules de l'entoblaste sont prismatiques.

2. A propos de la deuxième semaine, indiquez la/les bonne(s) réponse(s).

- A. La cavité amniotique apparaît au pôle embryonnaire du blastocyste.
- B. La cavité amniotique est limitée par l'ectoblaste et l'amnios.
- C. La cavité amniotique est limitée par l'entoblaste et le trophoblaste.
- D. Le lécithocèle primaire est limitée par l'ectoblaste et l'amnios.
- E. La cavité amniotique est aussi appelée lécithocèle.

3. A propos de la deuxième semaine, indiquez la/les bonne(s) réponse(s).

- A. Le blastocyste est totalement enchâssé dans la muqueuse utérine aux jours 5-6.
- B. L'entoblaste donne la membrane de Heuser.
- C. Un caillot sanguin apparaît au niveau de l'épithélium après nidation du blastocyste.
- D. La nidation a normalement lieu au niveau du col de l'utérus.
- E. Toutes ces réponses sont justes.

4. A propos de la deuxième semaine, indiquez la/les bonne(s) réponse(s).

- A. On observe des lacunes dans le syncytiotrophoblaste qui vont entrer en contact avec des vaisseaux sanguins maternels.
- B. Le lécithocèle primaire apparaît avant la cavité amniotique.
- D. Le somatopleure est collé à la membrane de Heuser.
- E. La splanchnopleure est collé au cytotrophoblaste.

5. Lorsque le trophoblaste entre en contact avec le chorion de la muqueuse utérine, il prolifère et se différencie. Parmi les dérivés suivants, lesquels proviennent de cette différenciation ?

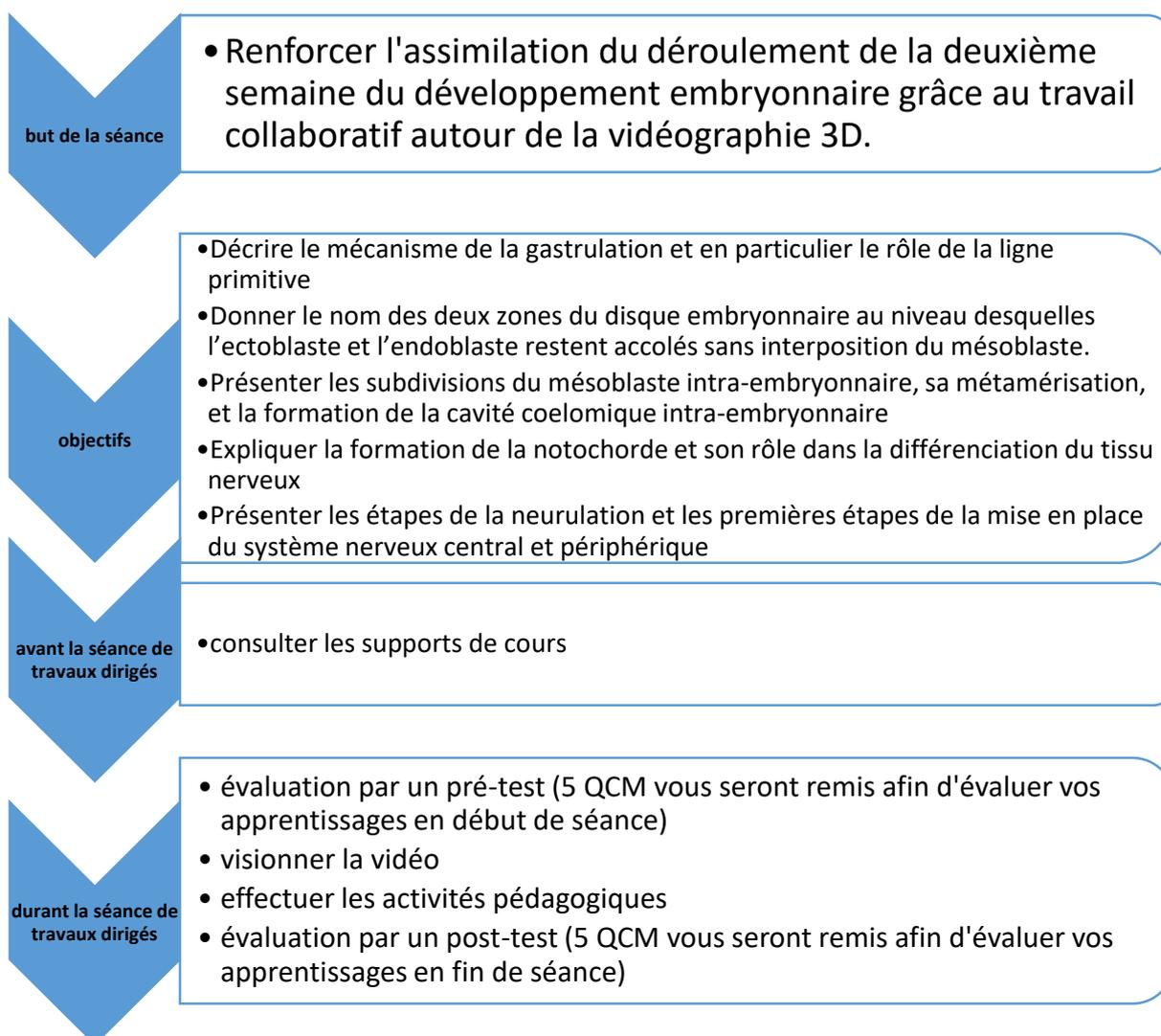
- A. L'épiblaste.
- B. Le syncytiotrophoblaste.
- C. L'ectoblaste.
- D. Le cytotrophoblaste.
- E. L'entoblaste.

Annexe 5A**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID****FACULTE DE MEDECINE****1 ERE ANNEE MEDECINE DENTAIRE****MODULE : HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE**

**SEANCE DE TRAVAUX DIRIGES N°6 LA TROISIEME SEMAINE DU
DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE**

Les séances de travaux dirigés se dérouleront en petits groupes de 5 à 6 étudiants.

Dans chaque petit groupe, au moins un étudiant doit ramener son ordinateur portable.



Annexe 5B

Pré-test/Post-test

Nom :

Prénom :

Groupe :

Séance de travaux dirigés 6 : LA
TROISIEME SEMAINE DU
DEVELOPPEMENT

**1. LA 3^{EME} SEMAINE DU DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE EST
CARACTERISEE PAR : cochez la bonne réponse**

- A. La formation du tube neural.
- B. L'apparition de la cavité amniotique.
- C. La délimitation dans le sens longitudinal de l'embryon.
- D. L'apparition de l'intestin primitif.
- E. L'apparition de la placode olfactive.

2. LA GASTRULATION SE CARACTERISE PAR : cochez les bonnes réponses

- A. Elle débute le 18^{ème} jour du développement embryonnaire.
- B. La mise en place de la ligne primitive.
- C. La migration des cellules ectoblastiques pour former le mésoblaste.
- D. L'apparition du nœud de Hensen.
- E. La formation du mésenchyme extra-embryonnaire.

3. CONCERNANT LE NŒUD DE HENSEN : cochez les réponses justes

- A. Constitue la limite caudale de la ligne primitive.
- B. Progresses vers l'avant jusqu'à la membrane pharyngienne.
- C. Est à l'origine des gonocytes primordiaux.
- D. Est uniquement formé de cellules ectoblastiques.
- E. Apparaît au cours de la deuxième semaine du développement embryonnaire.

4. LA NEURULATION : cochez la réponse juste

- A. Est un processus qui se fait au cours de la 5^{ème} semaine du développement embryonnaire.
- B. Débute par la formation de l'allantoïde.

- C. Correspond à l'apparition des ébauches du système nerveux central.
- D. Correspond à la différenciation du mésoblaste latéral.
- E. S'achève au cours de la 2^{ème} semaine de développement.

5. Parmi les éléments suivants, lequel a une origine ectoblastique :

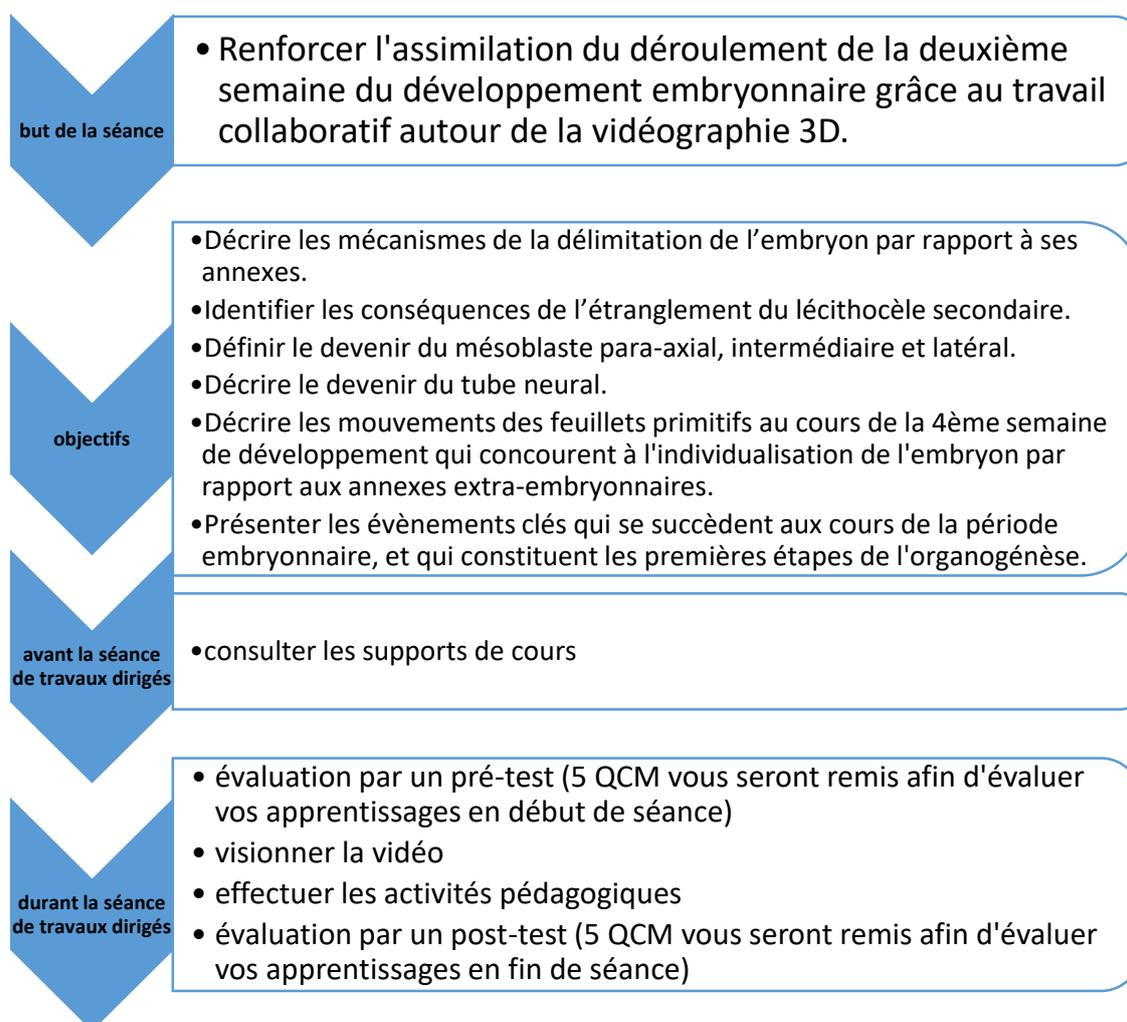
- A. Les cellules amniotiques.
- B. L'hypoblaste.
- C. La membrane de Heuser
- D. La somatopleure.
- E. La splanchnopleure.

Annexe 6A**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID****FACULTE DE MEDECINE****1 ERE ANNEE MEDECINE DENTAIRE****MODULE : HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE**

**SEANCE DE TRAVAUX DIRIGES N°7 LA QUATRIEME SEMAINE DU
DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE**

Les séances de travaux dirigés se dérouleront en petits groupes de 5 à 6 étudiants.

Dans chaque petit groupe, au moins un étudiant doit ramener son ordinateur portable.



Annexe 6B

Pré-test/Post

Nom :

Prénom :

Groupe :

Séance de travaux dirigés 7 :
de LA 4^{ème} à la 8^{ème} semaine
du développement

1. La délimitation de l'embryon : cochez les réponses justes

- A. Entraîne une croissance rapide du lécithocèle secondaire.
- B. Se déroule au cours de la troisième semaine du développement.
- C. Procure une forme tridimensionnelle à l'embryon.
- D. Le cœlome intra-embryonnaire s'isole du cœlome extra-embryonnaire.
- E. Confère une forme cylindrique au tube neural.

2. La délimitation dans le sens longitudinal : cochez la réponse juste

- A. Est favorisée par la croissance rapide du neurectoblaste.
- B. Entraîne une bascule de 80° de l'extrémité crâniale.
- C. Contribue à éloigner les extrémités crâniale et caudale de l'embryon.
- D. Entraîne une bascule de 180° de l'extrémité caudale.
- E. Entraîne une bascule de l'extrémité crâniale sous la face dorsale.

3. L'ectoblaste est à l'origine : cochez la réponse juste

- A. Du nucléus pulposus.
- B. Des glandes digestives.
- C. Des structures de l'épiderme.
- D. Du cervelet.
- E. Toutes ces réponses sont justes.

**4. Parmi les structures suivantes, laquelle dérive du mésoblaste para-axial ?
cochez la réponse juste**

- A. La chorde dorsale.
- B. Les somites.
- C. Cordon néphrogène.
- D. Splanchnopleure.
- E. Somatopleure.

5. Concernant l'entoblaste : cochez les réponses justes

- A. Il est à l'origine du péricarde.
- B. Il participe à la formation des somites.
- C. Il donne naissance aux cellules épithéliales du foie.
- D. Suite à la délimitation il formera l'épithélium de l'intestin primitif.
- E. Toutes ces réponses sont fausses.

Annexe 7

Veillez répondre à toutes les questions s'il vous plait.

Le tout devrait vous prendre environ 20 minutes.

Merci de votre collaboration.

Pour chacun des énoncés énumérés ci-dessous, veuillez cochez la case qui correspond le mieux à votre appréciation.

VOTRE SEXE : F M

VOTRE ANNEE DE NAISSANCE :

	NON	PLUTOT NON	PLUTOT OUI	OUI
Les objectifs d'enseignement ont été énoncés				
Le déroulement des séances de travaux dirigés a été clairement présenté				
Les séances étaient bien structurées				
La quantité de travail attendue a été précisée				

	Totalement en accord	Plutôt en accord	Plutôt en désaccord	Totalement en désaccord
J'ai visionné les vidéos 3D avant de me présenter à la séance lorsque cela était recommandé par l'enseignant.				
J'ai consulté les vidéos 3D durant la séance lors des périodes d'exercices.				
J'ai souvent visionné les vidéos 3D sur des appareils mobiles (tablettes, smartphones, ordinateurs portables).				
J'ai souvent visionné les vidéos 3D sur des ordinateurs de bureau.				
Les vidéos 3D utilisées dans ce cours sont agréables à visionner.				
Les vidéos 3D ont suscité mon intérêt pour l'embryologie générale humaine.				

Les vidéos 3D ont su capter et maintenir mon attention du début à la fin des visionnements.				
La durée des vidéos 3D était adéquate.				
Le contenu des vidéos 3D était clair, cohérent et pertinent.				
J'ai souvent discuté du contenu des vidéos 3D avec d'autres étudiants.				
J'ai trouvé plus plaisant de visionner les vidéos 3D que de lire le manuel ou les notes de cours.				
L'utilisation de la vidéo 3D a fait en sorte que j'ai consacré plus de temps à mon cours d'embryologie.				
L'utilisation de la vidéo 3D m'a aidé à faire des liens entre les diverses connaissances du cours.				

L'utilisation de la vidéo 3D constitue un point faible de ce cours.				
L'utilisation de la vidéo 3D m'a aidé à structurer le contenu théorique du cours.				
Le contenu des vidéos 3D m'a aidé à réaliser les activités proposées durant les séances.				
Les activités proposées durant les séances m'ont aidé à comprendre le contenu présenté dans les vidéos 3D.				
Globalement, je trouve que l'utilisation de la vidéo 3D dans ce cours a eu un effet positif sur mes apprentissages.				
La méthode de déroulement des séances de travaux dirigés a eu un effet positif sur mes apprentissages				
Les activités proposées pendant les séances ont suscité mon intérêt				

Cette méthode d'enseignement m'a aidé à prendre la parole durant la séance				
Le test proposé en début et fin de séance m'a aidé à cibler mes lacunes				

Quels étaient, selon vous, les points forts de cette méthode d'enseignement ?

Quels étaient, selon vous, les points faibles de cette méthode d'enseignement ?

Glossaire :

Administrateur : ou Facebook admin se réfère à la ou plusieurs personnes qui supervise(nt), gère(nt) et administre(nt) un groupe ou une page fan sur Facebook. Facebook définit ce concept en tant que rôle.

Apprenant : Individu en situation d'apprentissage. Formé de la même manière qu'un mot comme étudiant, « apprenant » insiste sur l'acte d'apprendre, dont il place l'initiative du côté de celui qui apprend.

Apprentissage : Ensemble d'activités qui permettent à une personne d'acquérir ou d'approfondir des connaissances théoriques et pratiques, ou de développer des aptitudes.

Charge cognitive : ou charge mentale mesure la quantité de ressources mentales mobilisées par un sujet pour réaliser une tâche.

Classe inversée : comme son nom l'indique consiste à inverser les activités d'enseignement habituellement réparties entre la classe et le travail personnel des élèves à la maison. Ainsi dans une classe inversée, les activités et exercices d'application sont réalisés en classe. Ces activités visent à approfondir des compétences spécifiques. Le cours dit magistral, les leçons sont exportées à la maison par l'apport de connaissances pures au travers de ressources variées.

Clavardage : Le clavardage est défini comme un mode de communication écrit interactif à distance basé sur des discussions virtuelles en direct à l'ordinateur avec une ou plusieurs personnes. Clavardage pédagogique : performances en écriture et interactions entre pairs chez des élèves du secondaire en difficulté d'apprentissage

Curriculum : désigne la conception, l'organisation et la programmation des activités d'enseignement/apprentissage selon un parcours éducatif. Il regroupe l'énoncé des finalités, les contenus, les activités et les démarches d'apprentissage, ainsi que les modalités et moyens d'évaluation des acquis des élèves.

Dispositif technopédagogique : un ensemble cohérent constitué de ressources (matérielles et humaines), de stratégies, de méthodes et d'acteurs interagissant dans un contexte donné pour atteindre un but.

Distanciel : Modalité d'apprentissage où l'acquisition des connaissances ou des compétences est réalisé à distance. L'apprentissage distanciel est l'une des trois pédagogies majeures utilisées dans le cadre d'un parcours hybride avec l'apprentissage expérientiel et l'apprentissage distanciel.

Evaluation formative : Démarche d'évaluation intégrée à l'apprentissage et visant à informer l'apprenant et l'enseignant de l'état de cet apprentissage en cours, afin d'en améliorer l'efficacité et de pallier à ses déficiences. L'évaluation formative peut être informelle ou instrumentée.

Evaluation sommative : Démarche d'évaluation portant sur un apprentissage complété, et dont le résultat est consigné au bulletin scolaire aux fins de sanction des études, conditionnant ainsi des décisions administratives : promotion, échec, réorientation, délivrance d'un diplôme, etc. L'évaluation sommative est le troisième temps de l'acte pédagogique.

Groupe Facebook : espace créé par un utilisateur Facebook autour d'une thématique précise. Faire partie d'un groupe permet d'échanger des informations sur le sujet commun. Les groupes peuvent être ouvert (et accessibles par n'importe qui) ou fermés (seuls les membres peuvent inviter de nouveaux utilisateurs).

Facebook insight : outil qui génère des métriques qui permettent aux administrateurs d'analyser les tendances de l'activité sur une page donnée. Cela comprend des informations sur la croissance et les données démographiques des utilisateurs de pages (fans) et leur consommation de contenu fourni. Les informations sont collectées quotidiennement et sont conçues pour aider les opérateurs de pages à mieux comprendre leurs utilisateurs

Like : La mention « Like/J'aime » est un bouton permettant à chaque utilisateur de manifester son intérêt pour un contenu présent sur Facebook

Présentiel : est un terme utilisé pour désigner le moment où les personnes qui suivent une formation sont réunies dans un même lieu avec un formateur.

Savoir-être : Terme communément employé pour définir un savoir-faire relationnel, c'est-à-dire, des comportements et attitudes attendus dans une situation donnée.

Savoir-faire : Mise en œuvre d'un savoir et d'une habileté pratique ou professionnelle maîtrisée dans une réalisation spécifique.

Savoirs : Connaissances théoriques et pratiques. Ces savoirs peuvent être requis par une situation professionnelle ou acquis par une personne, par formation et/ou expérience, sanctionnés ou non par une certification. On peut spécifier ces savoirs en : savoirs théoriques et académiques, savoirs professionnels.

Séance : Correspond au temps administratif répartissant les horaires affectés aux enseignements (par exemple, cours de 55 minutes).

Séquence : Correspond au temps pédagogique mis en œuvre par l'enseignant dans une finalité d'apprentissage. Une séquence comprend une ou plusieurs séances autour du même apprentissage. L'élaboration d'une séquence doit permettre de décider du dispositif le plus pertinent pour faire acquérir aux élèves le savoir visé. Elle comporte plusieurs étapes qui, suivant le dispositif envisagé, peuvent ou non se suivre chronologiquement. Une séquence d'enseignement, c'est donc un « ensemble continu ou discontinu de séances, articulées entre elles dans le temps et organisées autour d'une ou plusieurs activités en vue d'atteindre des objectifs fixés par des programmes ». Il convient de faire une claire distinction entre séquence et séance qui sont fréquemment confondues. Une séquence étant un ensemble de séances, elle nécessite de concevoir l'enseignement, non pas séance par séance, mais dans une appréhension à plus long terme, de la situation de départ de l'apprentissage jusqu'à l'évaluation.

Sociocognitif : en psychologie, relatif aux connaissances acquises dans les relations sociales

Syllabus : c'est une présentation générale du cours qui reprend toute les informations à connaître par les étudiants au sujet de ce dernier (contenu, objectifs, planification, évaluation, activités...).

Travail collaboratif : L'apprentissage résulte du travail individuel soutenu par des activités de groupe ou d'équipe. L'apprenant partage des ressources avec le groupe et utilise le travail réalisé en groupe pour apprendre.

Résumé

Introduction : L'enseignement de l'embryologie générale humaine représente une composante essentielle du parcours curriculaire en sciences médicales. Assurer ce cours n'est plus possible avec les méthodes traditionnelles, il nécessite des représentations tridimensionnelles animées associées à d'autres méthodes. L'objectif principal de ce travail a été d'analyser le renforcement des capacités cognitives, procédurales et collaboratives des apprenants en situation d'apprentissage de l'embryologie humaine avec l'outil 3D interactif.

Matériel et méthodes : Il s'agit d'une étude mono centrique prospective qui comporte deux phases de 2017 à 2019. La première concernait la conception des modèles 3D, la seconde a été menée selon les étapes du modèle technopédagogique d'ADDIE. Le modèle pédagogique développé a été implémenté au cours des séances de travaux dirigés de 1^{ère} année médecine dentaire suivant le schéma de la classe inversée avec phase présentielle et distancielle. Un questionnaire de satisfaction, ainsi que des évaluations formatives et sommatives ont été utilisées afin de recueillir les données.

Résultats : Un total de 63 apprenants avait participé à l'étude. L'outil Facebook insight a permis de relever une adhésion et avec augmentation de leur activité au sein du groupe. Les tests statistiques utilisés ont montré une différence significative dans les résultats des évaluations formatives. L'intervention pédagogique menée a eu un effet fort sur l'apprentissage selon le calcul de la taille d'effet de Hattie. Les résultats du questionnaire ont révélé un degré de satisfaction assez important des apprenants.

Discussion : La lecture et l'analyse des différents résultats quantitatifs et qualitatifs a permis de faire ressortir la notion d'un apprentissage actif intégrant la technologie. La vidéo 3D adaptée à une pédagogie active a joué un rôle primordial dans l'acquisition des connaissances et le développement de nouvelles compétences.

Conclusion : La présente étude a mis en évidence que l'intégration d'un outil d'apprentissage adéquat couplé à une méthode de pédagogie active dans l'enseignement de l'embryologie générale a permis de développer chez l'apprenant ses compétences cognitives, procédurales et transversales.

Mots clés

Embryologie, imagerie 3D, classe inversée, travail en groupe, apprentissage actif.

Summary

Introduction: The teaching of general human embryology represents an essential component of the curriculum in medical sciences. Ensuring this course is no longer possible with traditional methods, it requires animated three-dimensional representations associated with other methods. The main objective of this work is to analyze the strengthening of cognitive, procedural and collaborative capacities of learners in a situation of learning human embryology with the interactive 3D tool. **Material and methods:** This is a prospective mono-centric study which comprises two phases from 2017 to 2019. The first concerned the design of 3D models, the second was carried out according to the stages of the technopedagogical model of ADDIE. The educational model developed was implemented during tutorial sessions in the 1st year of dentistry following the diagram of the inverted class with face-to-face and distance-learning phase. A satisfaction questionnaire, as well as formative and summative evaluations were used to collect the data. **Results:** A total of 63 learners participated in the study. The Facebook insight tool has raised membership and increased their activity within the group. The statistical tests used showed a significant difference in the results of formative assessments. The educational intervention carried out had a strong effect on learning according to Hattie's effect size calculation. The results of the questionnaire revealed a fairly high level of satisfaction of the learners. **Discussion:** Reading and analyzing the various quantitative and qualitative results made it possible to bring out the concept of active learning incorporating technology. 3D video adapted to active teaching has played a key role in the acquisition of knowledge and the development of new skills. **Conclusion:** The present study has shown that the integration of an adequate learning tool coupled with an active teaching method in the teaching of general embryology has enabled the learner to develop his cognitive, procedural and transversal skills.

Key words

Embryology, 3D imaging, flipped classroom, team based learning, active learning.

الملخص

المقدمة: يمثل تدريس علم الأجنة البشرية العام عنصراً أساسياً في المناهج الدراسية في العلوم الطبية وهو علم لم يعد تدريسه ممكناً باستخدام الطرق التقليدية، بل يتطلب تمثيلاً ثلاثي الأبعاد للرسوم المتحركة يرتبط بأساليب التدريس الأخرى. وكان الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحليل وتعزيز القدرات المعرفية والإجرائية والتعاونية للمتعلمين في حالة تعلم علم الأجنة البشرية التفاعلية.

المواد والأساليب: هذه دراسة أحادية مركزية محتملة تضمنت مرحلتين من 2017 إلى 2019. الأولى خصصت لتصميم النماذج ثلاثية الأبعاد، أما الثانية فقد تم تنفيذها وفقاً لمرحلة النموذج التربوي التقني. يجب أن نشير في الأخير بأنه قد تم استخدام واستبيان الرضا لتنفيذ النموذج التعليمي الذي تم تطويره خلال جلسات تعليمية في السنة الأولى لطب الأسنان بعد مخطط الفصل ADDIE المقلوب مع مرحلة التعلم عن بعد وجها لوجه وكذلك التقييمات التكوينية والتلخيصية لجمع العضوية.

النتائج: شارك ما مجموعه 63 متعلماً في الدراسة. أظهرت الاختبارات الإحصائية المستخدمة اختلافاً كبيراً في نتائج التقييمات التكوينية. كان للتدخل التعليمي الذي تم تنفيذه تأثير قوي على التعلم وفقاً لحساب حجم تأثير هاتي. كما كشفت نتائج الاستبيان عن درجة عالية من الرضا لدى المتعلمين.

المناقشة: لقد سمحت قراءة وتحليل النتائج الكمية والنوعية المختلفة بإبراز مفهوم التعلم النشط الذي يشتمل على التكنولوجيا. كما يلعب الفيديو ثلاثي الأبعاد المُكَيَّف مع علم أصول التدريس النشط دوراً رئيسياً في اكتساب المعرفة وتطوير مهارات جديدة.

الخاتمة: لقد أظهرت هذه الدراسة أن دمج أداة تعليمية مناسبة مقرونة بطريقة تدريس نشطة في تدريس علم الأجنة العام يسمح للمتعلم بتطوير مهاراته المعرفية والإجرائية.

كلمات البحث

علم الأجنة، النماذج ثلاثية الأبعاد، الطبقة العكسية، التعلم القائم على الفريق، التعلم النشط.