



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie électrique et Electronique

Laboratoire de Recherche de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour obtenir le Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Signaux et Images en Médecine

Présenté par : LAKHDARI Naima

**Modélisation en 3d du développement
embryonnaire**

Soutenu le 26 mai 2016 devant le Jury

M.	BESSAID Abdelhafid	<i>Prof</i>	Université de Tlemcen	Président.
Mme	LOUDJEDI Kamila	<i>MCB</i>	Université de Tlemcen	Encadreur.
Mme	KHERRAF Yamina	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Co- Encadreur.
M	RAHMOUN Fethi	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Examineur.
M	LOUDJEDI Salim	<i>MCA</i>	Université de Tlemcen	Invité.

Année universitaire 2015-2016

*Je dédie ce modeste travail,
A ma mère avec toute mon affection,
A mon père avec toute ma reconnaissance,
A mes sœurs,
A mes frères,
A ma famille,
Et à tous mes amis,
Ainsi que tous ceux qui nous ont aidés de près ou
de loin.*

REMERCIEMENT

Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant pour nous avoir aidé à réaliser ce travail.

Tout d'abord, je remercie sincèrement et très chaleureusement mon professeur encadreur Mm LOUDJEDI KAMILA, pour son soutien permanent et sans relâche, sans aide, sa compréhension, ses conseils et ses orientations fructueuses.

J'exprime mes vifs remerciements à Mr BESSID ABDELHAFID qui m'a fait l'honneur de présider le jury de mon soutenance.

Je remercie également à Mr RAHMOUN FETHI qui m'a fait l'honneur d'examiner mon projet.

Je voudrais exprimer mes remerciements les plus sincères à Mm KHERAF ep BASSAID YAMNA et Mr LOUDJEDI SALIM pour leurs aides, suggestions et encouragements, leur accueil chaleureux et leurs orientations pour le bon déroulement de ce travail.

Je tiens à remercier Mr MIDOUN OMAR pour son aides et ses conseils.

Je remercie mes parents pour leur soutien inconditionnel et la confiance absolue qu'ils m'ont accordée tout au long de mon parcours.

Je ne terminerai pas sans avoir exprimé des plus vifs remerciements envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Résumé :

Les logiciels de modélisation 3D offrent un ensemble d'outils (d'opérations) permettant de modéliser l'objet en partant de primitives (sphère, cylindre, cône,...). La modification de la forme de base se fait avec une panoplie de « modificateur » qui fait la puissance de chaque logiciel. Pour réaliser notre projet de fin d'étude qui s'articule autour de la modélisation du développement embryonnaire, nous avons opté pour le « leader » de la modélisation organique : ZBrush et le « leader » de l'animation : Maya, et ceci après une bref présentation des autres logiciels du marché. Nous avons réalisé les modèles suivants : appareil génitale féminin, coupe de l'utérus, ovocyte, spermatozoïde, ovulation, fécondation, segmentation, migration, nidation et développement embryonnaire jusqu'à la deuxième semaine. Ces conceptions ont été réalisées la compréhension de deux branches différentes : l'embryologie et la modélisation. Le modèle peut être rendu avec une image 2D mais c'est en deçà des objectifs pédagogiques qui demande une certaine interactivité de l'étudiant avec son cours. C'est la phase d'animation qui est déterminante mais compte tenu du temps et des difficultés techniques nous n'en avons réalisé que quelques-unes : l'appareil génitale féminin, l'ovocyte, l'ovulation, la fécondation, le phénomène de migration.

Il est très important de poursuivre ce projet pour pouvoir l'exploiter pleinement en pédagogie médicale.

Mots clés : embryologie, amélioration des pratiques pédagogiques, ZBrush, Maya, modélisation 3D, animation.

Abstract:

3D modeling software offer a set of tools (of operations) to shape the object from primitives (sphere, cylinder, cone...). Modification of the basic form is done with a variety of "modifier" that makes the power of each software. To achieve our project of end of study, which focuses on the modeling of embryonic development, we opted for the 'leader' of the organic modeling: ZBrush and the 'leader' of the animation: Maya, and this after a brief presentation of the other software in the marketplace. We have achieved the following models: the female genital tract, cervical Cup, egg, sperm, ovulation, fertilization, segmentation, migration, implantation and embryonic development until the second week. These designs realized understanding of two different branches: Embryology and modeling. The model can be made with a 2D image but pedagogical objectives request some interactivity of the student with his course. This is the phase of animation that is determinative, but given the time and technical difficulties we in have realized just some ones: the female genital tract, the egg, ovulation, fertilization, the phenomenon of migration.

It is very important to continue this project in order to fully exploit it, in medical education.

Key words: embryology, improvement of educational practices, ZBrush, Maya, 3D modeling and animation.

المخلص:

برامج النمذجة ثلاثية الابعاد توفر مجموعة من الأدوات لتشكيل كائن في صفته النهائية انطلاقاً من أشكال أولية (أسطوانة مخروط كرة....)، يتم تعديل الشكل الأساسي مع مجموعة متنوعة من "المعدلات" التي تميز قدرة كل البرامج على حد. لتحقيق مشروعنا لنهاية الدراسة الذي تركز على نمذجة مراحل التطور الجنيني، اخترنا 'زعيم' النمذجة العضوية: zbrush و 'زعيم' الحركة: maya، وهذا بعد عرض موجز للبرامج الأخرى الموجودة في السوق. وقد قمنا بعمل النماذج التالية: الجهاز التناسلي الانثوي، الرحم، البويضة، الحيوانات المنوية، ظاهرة: التبييض، الإخصاب، انقسام الخلايا، الهجرة، تعشيش الجنين وجميع مراحل التطور الجنيني حتى الأسبوع الثاني. هذه التصاميم تحقق التفاهم بين مختلف فروع: علم الأجنة والنمذجة يمكن إجراء هذا النموذج بصورة ثنائية الأبعاد ولكن نظراً للأهداف التربوية التي تتطلب تفاعل الطالب مع نهجه. ولهذا تعد مرحلة جعل النماذج متحركة حاسمة ولكن نظراً للوقت والصعوبات التقنية التي واجهتنا فقد قمنا بعمل البعض منها فقط: الجهاز التناسلي الانثوي، البويضة، التبييض، الإخصاب، وظاهرة الهجرة من المهم جداً أن يواصل هذا المشروع من أجل الاستغلال الكامل لفوائده الجمة في جميع المجالات وخاصة في التعليم الطبي

الكلمات المفتاحية: علم الأجنة، تحسين الممارسات التعليمية zbrush، maya، النمذجة ثلاثية الأبعاد، تقنية تحريك الرسومات

Table de matières :

Remerciement	i
Résumé	ii
Sommaire	iii
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	xv
Introduction générale	xvi

Chapitre 01 : modélisation 3d

I. Introduction	1
II. Définitions (vocabulaire de 3d)	2
III. La modélisation, mais pas seulement	4
Le monde en 4 dimensions.....	4
Faut-il savoir dessiner pour être bon en 3D ?	4
IV. Les applications de la 3d	5
IV.1. Quelques exemples d'applications 3D.....	6
IV.2. Le domaine médical.....	9
V. Logiciel de modélisation 3d	10
V.1. Définition.....	10
V.2. Principe	10
V.3. Quelques logiciels de modélisation tridimensionnelle.....	10
3Dstudio max	11
AutoCAD	12
BLENDER	12
CINEMA 4D	13
Maya	14
Modo	15
MUDBOX.....	16
SKETCHUP MAKE	16
FREECAD	17
APPLICATIONS EN LIGNE POUR MODELISATION 3D	18
SOLIDWORKS	19
SOFTIMAGE XSI	19

ZBRUSH.....	20
V.4.Choix d'un logiciel.....	21
VI. Logiciels pour la modélisation organique.....	22
VI.1. Introduction.....	22
VI.2. Autres fonctionnalités des logiciels organiques.....	24
VII. CONCLUSION	24

Chapitre 02 : ZBRUSH

I. Introduction	25
II. Présentation de l'interface de zbrush.....	25
III. Le pixol.....	27
IV. Premiers pas avec zbrush.....	28
IV.1 La LightBox	29
IV.2 La palette Tool.....	29
IV.3Enregistrer, exporter ou importer un mesh.....	30
IV.4Connecter ZBrush à un autre logiciel de 3D avec GoZ (GoZBrush).....	30
IV.5Les SubTools (sous-objets)	30
IV.6Positionner les meshes avec TransPose.....	31
IV.7Base mesh organique avec les ZSpheres.....	32
IV.8Dessiner un concept rapide avec Quick Sketch ou PaintStop.....	34
IV.8. 1. Dessiner une silhouette rapide avec QuickSketch.....	34
IV.8. 2. <i>PaintStop</i>	35
IV.9. Utiliser SpotLight pour avoir des images de références.....	37
IV.10. Les bases de la sculpture	39
IV.10. 1. Sélection d'une brush et réglages basiques	39
IV.10. 2. Des brushes de tous types	40
IV.10. 3. Sélection rapide des brushes	40
IV.10. 4. Utiliser et régler une brush	41
IV.10. 5. Les principales brushes à retenir.....	41
IV.10. 6. Effets des Alphas, Strokes et LazyMouse	51
IV.10. 7. Geler avec les Masks	52
IV.10. 8. Quelques techniques avec les PolyGroups	53

IV.10. 9. La palette déformation	54
V. Personnaliser l'interface	54
V.1. Ranger les palettes dans les contenaires et sauvegarde de l'interface	54
V.2. Faire sa propre palette en 3 étapes	56
V.3. Changer la couleur du fond de ZBrush	56
VI. Principaux raccourcis zbrush	57
VII. Conclusion	58

Chapitre 03 : Le logiciel Maya

Introduction	59
Partie 1 : Découverte de l'interface	60
I.Un ordinateur pour l'infographie 3d	60
I.1 Le processeur.....	60
I.2 La mémoire vive.....	60
I.3 La carte graphique	60
II.Présentation.....	61
III.L'interface de maya.....	61
III.1. Menu principal	62
III.2. Status Line	62
III.3. Shelves.....	62
III.4. Panel Menu / III.5.Panel Toolbar	63
III.6. Tool Box.....	64
III.7. La barre des Layouts	65
III.8. La scène ou Viewport.....	65
III.9. Time Slider	66
III.10. Range Slider	66
III.11. La barre des commandes	66
III.12. Help Line	66
III.13. Channel Box	66
III.14. Layer Editor.....	68
III.15. bis- Hotbox	68
Partie 2 : Rendu et matériaux Physique \Les effets spéciaux	69
I.Les effets spéciaux	69
I.1 Effets spéciaux pré créés	69

I.2	Les nParticules	73
II.	Rendu et matériaux	85
II.1	Différents types d'éclairages et configurations	85
II.2	Rendu.....	87
II.3	Gérer les shaders et les paramétrer	90
II.4	Découverte des UVs.....	93
Partie 3 :	Animation	96
I.	Entrez dans la 4e dimension.....	96
I.1	Les images par seconde (frames)	96
I.2	Modifier le nombre de frames par seconde	96
I.3	Time Slider et Range Slider	97
I.4	Les keys (les clés).....	99
II.	Interpolation et Graph Editor	102
II.1	L'interpolation de mouvement.....	102
II.2	Découverte des F-curves et gestion des clefs	102
II.3	Gérer les accélérations.....	105
III.	Animer le long d'un chemin avec le Motion Path	106
IV.	Les types d'Animations automatiques.....	107
V.	Rigging.....	109
Partie 4 :	Raccourcis	112
Conclusion	115

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

I.	Introduction	116
II.	Méthode de modélisation	116
Partie 1 :	Modélisation avec ZBrush	117
I.	Appareil génital féminin.....	117
I.1	Les ovaires.....	117
I.2	Les trompes de Fallope.....	118
I.3	L'utérus	118
I.4	Le vagin.....	118
II.	Modélisation de l'appareil génital féminin	119

III.Spermatozoïde	128
III.1 Définition.....	128
III.2 Structure	128
IV.Modélisation d'un spermatozoïde	129
V.La fécondation	133
V.1. Phénomènes précédant la fécondation.....	133
V.2. Déroulement de la fécondation.....	134
V.3. Conséquences de la fécondation.....	134
VI.Modélisation de l'ovocyte	136
VII.Modélisation de la fécondation	141
VIII.La première semaine du développement embryonnaire	143
VIII.1. Segmentation de l'œuf.....	143
VIII.2. LA Migration.....	145
IX.Modélisation de la première semaine de DE	146
X.La deuxième semaine du développement embryonnaire	155
X.1. Implantation (nidation)	155
X.2. Modifications de l'œuf pendant la nidation.....	157
X.3. L'œuf à la fin de la 2 ^{ème} semaine	160
XI.Modélisation de la première semaine de DE	161
XI.1 La deuxième semaine du développement embryonnaire.....	161
XI.2 Implantation (nidation).....	164
Partie 2 : Animation avec Maya	174
III. Conclusion	176
Conclusion générale	177
Références bibliographie	179

Listes des figures :

Chapitre 01 : modélisation 3d

Figure 1.1 Les composants d'un objet 3D.....	2
Figure1.2 Quelques formes 2D et leur correspondances en 3D.....	2
Figure 1.3 Imprimante 3D et quelques modèles.....	3
Figure 1.4 Les cartes géographiques en 3d.....	5
Figure 1.5 La 3d en mécanique	5
Figure 1.6 Modélisation des bijoux, des pierres	6
Figure 1.7 Des films, des jeux en 3d	7
Figure 1.8 Quelques simulations de monde réel.....	7
Figure 1.9 Représentation des produits chimiques, des phénomènes physiques et chimiques en 3d.....	8
Figure 1.10 Exemples de modélisation des maisons en 3d	8
Figure 1.11 La 3d en médecine	9
Figure 1.12 Exemple des prothèses pour les dents et la poitrine.....	9
Figure 1.13 Interface de logiciel AutoCAD	12
Figure 1.14 Interface de blender.....	13
Figure 1.15 Interface de Cinema 4D	14
Figure 1.16 Interface de maya	15
Figure 1.17 Interface de modo.....	15
Figure 1.18 Interface de madbox.....	16
Figure1.19 Interface de SKETCHUP MAKE	17
Figure 1.20 Interface de FreeCAD	17
Figure 1.21 interface de TinkerCad.....	18
Figure 1.22 Interface de Leopold	18
Figure1.23 Interface de Solidworks.....	19
Figure 1.24 Interface de Softimage XSI.....	20
Figure 1.25 Interface de ZBrush.....	21
Figure 1.26 FiberMesh de ZBrush.....	23

Chapitre 02 : ZBRUSH

Figure 2.1 Interface graphique de ZBRUSH.....	25
Figure 2.2 Les dimensions du pixel (2d, 2.5d et 3d) sous zbrush et comparaison avec d'autres logiciels de dessin.....	28
Figure 2.3 La LightBox	29
Figure 2.4 Palette Tool	29
Figure 2.5 Menu d'E/S de Mesh.....	30
Figure 2.6 GoZ	30
Figure 2.7 Les SubTools (sous-objets).....	31
Figure 2.8 L'outil TransPose	32
Figure 2.9 Création d'une base meshes à partir de ZSphere	33
Figure 2.10 Zsphères et symétrie.....	33
Figure 2.11 Zsphères et séparation des objets symétriques	34
Figure 2.12 Interface de QuickSketch	35
Figure 2.13 Interface de paintStop	35
Figure 2.14 Polypainting	37
Figure 2.15 Fonctionnement de SpotLight.....	38
Figures 2.16 Les brushes de ZBrush	40
Figure 2.17 Application de Zadd et Zsub	41
Figure 2.18 Move Brush.....	42
Figure 2.19 Move brush (a. standard; b. elastic; c. displace)	42
Figure 2.20 Effets des brushes standard, elastic et displace	43
Figure 2.21 Inflat Brush	43
Figure 2.22 Pinch Brush.....	43
Figure 2.23 Smooth Brush.....	44
Figure 2.24 Layer Brush.....	44
Figure 2.25 Layered Pattern	45
Figure 2.26 Snake Hooke	45
Figure 2.27 Rake brush.....	45
Figure 2.28 Blob brush	46
Figure 2.29 Claybuildup brush	46
Figure 2.30 Dam standard	46
Figure 2.31 Mask Brush	47
Figure 2.32 Subdivision.....	47
Figure 3.33 CurveTriFill	48

Figure 2.34 Découpe avec slice curves	49
Figure 2.35 PolyGroups.....	50
Figure 2.36 séparation des polygroups	50
Figure 2.37 Les alphas.....	51
Figure 2.38 Les stokes.....	52
Figure 2.39 Effet du LazyMouse.....	52
Figure 2.40 Supression de polyGroups cachés.....	54
Figure 2.41 Palette de déformation.....	54
Figure 2.42 Contenaire personnalisé	55
Figure 2.40 Changer la couleur de fond	56

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

Figure 3.1. Exemple d'utilisation de maya, (a: « Tangled » /b: « Final Fantasy Advent Children »)..	59
Figure 3.1.2 Fenêtre proposant des vidéos de démonstrations	61
Figure 3.1.3 Interface de maya	61
Figure 3. 1.4 Différents modes de l'interface	62
Figure 3. 1.5 Status Line.....	62
Figure 3. 1.6 Shelves	62
Figure 3.1.7 Panel Menu/ Panel Toolbar	64
Figure 3.1.8 Tool Box	64
Figure 3.1.9 La barre des Layouts	65
Figure3.1.10 La scène.....	65
Figure3.1.11. Time Slider.....	66
Figure3.1.12 Range Slider	66
Figure 3.1.13 Range Slider	66
Figure 3.1.14 Help Line.....	66
Figure 3.1. 15 La Channel Box	67
Figure 3.1.16 Exemple d'un Attribute Editor	67
Figure 3.1.17 Layer Editor	68
Figure 3.1.18 Hotbox.....	68
Figure3.2.1 Menu des effets spéciaux, option Fx(a) menu shelves(b).	69
Figure 3.2.2 Les effets de feu	70
Figure 3.2.3 Application d'un feu sur un cylindre.....	70
Figure 3.2.4 Forme du feu avant(a) et après (b) le rendu	70
Figure 3.2.5 L'effet fireworks avant(a) et après (b) le rendu.	71
Figure 3.2.6 Présence de l'éclair entre deux polygones	71
Figure 3.2.7 Le rendu de l'éclair	71
Figure 3.2.8 Application de l'effet Shatter sur un polygone	72
Figure 3.2.9 Les choix qui existent pour briser le polygone	72
Figure 3.2.10. Résultat d'un Surface Shatter (a) d'un Solid Shatter (b) et d'un crack shatter (c)	72
Figure 3.2.11 Les menus de Nucleus et Dynamotion.....	73
Figure.3.2.12 Les étapes à suivre pour régler le mode de lecture	74
Figure.3.2.13 Menu de nParticles.....	75
Figure 3.2.14 Create Emitter d'une particule, de type Cloud	75
Figure.3.2.15 Présence de gravité.....	75
Figure.3.2.16 Réglage les paramètres (gravité ; vent) de nPrticules	76
Figure 3.2.17 "Cloud" à gauche et "Thick Cloud" à droite	76

Figure 3.2.18 Emission de particules à partir d'une surface.....	77
Figure.3.2.19 Options d'un emitter	77
Figure.3.2.20 Presets de type <i>ball</i>	78
Figure 3.2.21. Exemple d'une émission à partir de particules.....	78
Figure.3.2.22 Exemple de l'option Fill Object	78
Figure 3.2.23 Exemple de l'option nParticules tool.....	79
Figure 3.2.24 Choix d'une émission directionnelle de particules (emiter / configuration de direction)..	79
Figure 3.2.25 Choix des paramètres de la direction.....	80
Figure 3.2.26 Modification du paramètre <i>spread</i>	80
Figure 3.2.27 Modification du paramètre fréquence (Rate).....	81
Figure 3.2.28 Modification du paramètre vitesse (speed).....	81
Figure 3.2.29 Réglage du paramètre durée de vie (Lifespan : mode constant, 2 secondes).....	82
Figure 3.30. Réglage du paramètre durée de vie (Lifespan : mode random rang)	82
Figure 3.2.31 Réglage du paramètre taille (Size)	83
Figure3.2.32 Réglage du paramètre opacité	83
Figure3.2.33 Réglage de la couleur (régale (a), application (b) rendu (c).	84
Figure 3.2.34 Simulation de feu avec fumée en réglant les paramètres incandescence.....	84
Figure 3.2.35 Créer une lampe	85
Figure 3.2.36 Différentes type de lampes.....	86
Figure 3.2.37 Les principaux paramètres de l'éclairage	87
Figure 3.2.38 Exemple de rendu de l'éclairage	87
Figure 3.2.39 Etapes à suivre pour rendu interactif.....	88
Figure 3.2.40 Créer un angle de vue sur les rendus à l'aide d'une caméra	88
Figure 3.2.41 Rendu en présence d'une caméra	89
Figure 3.2.42 Rendu après l'activation de FG.....	89
Figure 3.2.43 Créer un Shader à partir du shelf Rendering(a) ou du Marking Menu (b).	90
Figure 3.2.44 Les principaux shader	91
Figure 3.2.45. Rendu final après réglage des paramètres du shader.....	93
Figure 3.2.46 Système de coordonnées UV	94
Figure 3.2.47 Le patron d'un cube dans l'UV Texture Editor	94
Figure 3.2.48 UV Texture Editor.....	94
Figure 3.2.49 Faire apparaître la texture dans l'UV Texture Editor	95
Figure 3.2.50 L'option "Preserve UVs" pour empêcher la déformation d'une texture	95
Figure 3.3.1 Chaque carré représente un frame.....	96
Figure 3.3.2 Le nombre de frame par 3 secondes.....	96
Figure 3.3.3 Modifier le nombre de FPS	97
Figure 3.3.4 La Time Slider	97
Figure 3.3.5 Les options de Time Slider	98

Figure 3.3.6 La Range Slider.....	98
Figure 3.3.7 La Range slider d'une séquence d'une seconde	98
Figure 3.3.8 Modifier la taille du Range Slider.....	98
Figure 3.3.9 Modifier le nombre de frame	98
Figure 3.3.10 Création des clés(en frame 1).....	99
Figure 3.3.11 Les paramètres du Channel box lors d'une création d'une clé.....	99
Figure 3.3.12. Création des clés (en frame 24).....	100
Figure 3.3.13 Déplacer la clé.....	100
Figure 3.3.14 Déplacer plusieurs clés.....	100
Figure 3.3.15 Key Selected	101
Figure 3.3.16 Supprimer une clef.....	102
Figure 3.3.17 Le Graph Editor.....	102
Figure 3.3.18 Les axes XYZ sur Le graph editor.....	103
Figure 3.3.19 Séparer et afficher les axes de graph editor.....	104
Figure 3.3.20 Repositionner les F-Curves.....	104
Figure 3.3.21 Modifier les paramètres des clés par le Graph Editor.....	105
Figure 3.3.22 Filtrer l'affichage des F-Curves.....	105
Figure 3.23. Modification manuelle de la tangence	106
Figure 3.3.24 Choix de tangente.....	106
Figure 3.3.25 Les paramètres de "Attach to Motion Path".....	107
Figure 3.3.26 Peaufiner l'animation sur le Motion Path.....	107
Figure 3.3.27 Animation en Cycle.....	108
Figure 3.3.28 Animation en boucle infinie.....	108
Figure 3.3.29 Animation de type Oscillate.....	108
Figure 3.3.30 Animation de type Linear.....	109
Figure 3.3.31 Animation de type Constant.....	109
Figure 3.3.32 L'outil Joint Tool.....	109
Figure 3.3.33 Exemple de <i>Rigging</i> pour animer un bras	111
Figure 3.4.1 L'objet de départ et le résultat de lissage	113
Figure 3.4.2 Le lissage d'un objet	113
Figure 3.4.3 wireframe d'un objet.....	113
Figure 3.4.4 shade de l'objet	113
Figure 3.4.5 lighting de l'objet.....	114
Figure 3.4.6. Différents modes de sélection d'un objet.....	114

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

Figure 4.1. Organigramme de la méthode suivie.....	117
Figure 4.1.1 L'appareil génital féminin.....	118
Figure 4.1.2 La ZSphere, mode édition et PolyMesh3d.....	119
Figure 4.1.3 Les différentes modifications appliquées avec les brosses Move /Smoth.....	120
Figure 4.1.4 Créer les ovaires (a : 1 ^{ère} méthode ; b : 2 ^{ème} méthode)	121
Figure 4.1.5 Les 3 étapes suivies pour créer les ovaires (a : déplacement ; b : réduction de la taille ; c : sculpture de la forme).....	122
Figure 4.1.6 Dupliquer l'objet	123
Figure 4.1.7 Création de la trompe de Fallope	123
Figure 4.1.8 L'appareil génital de la femme	124
Figure 4.1.9 Phénomène d'ovulation.....	125
Figure 4.1.10 Coupe de l'appareil génital de la femme avec différentes vues	126
Figure 4.1.11 Appliquer des couleurs aux objets	127
Figure 4.1.12 Les détails avec Alpha, Strokes, et PolyPaint	128
Figure 4.1.13 Le spermatozoïde	129
Figure 4.1.14 Modélisation des différentes parties d'un spermatozoïde (la tête (a), la queue (b), les mitochondries (c) et la membrane plasmique (d).	131
Figure 4.1.15 Etapes suivies enregistrées dans la palette SubTool	132
Figure 4.1.16 Modélisation du spermatozoïde	133
Figure 4.1.17 Ovocyte	134
Figure 4.1.18 Réaction acrosomiale	134
Figure 4.1.19 Fusion des gamètes	135
Figure 4.1.20 Modélisation d'une sphère vide	138
Figure 4.1.21. Modélisation des chromosomes.	139
Figure 4.1.22 Modélisation de la corona radiation.....	140
Figure 4.1.23 Modélisation de l'ovocyte.....	141
Figure4.1.24 Coupe de l'ovocyte	141
Figure 4.1.25 Modélisation de la fécondation	143
Figure 4.1.26 Première semaine du développement embryonnaire.....	145
Figure 4.27. La migration (a. les cils/ b. Le chemin suivi lors de de migration).....	146
Figure 4.1.28 La segmentation cellulaire	150
Figure 4.1.29 La formation et la libération de blastocyste	153
Figure 4.1.30 La migration.....	154
Figure 4.1.31 la fixation à l'endomètre	155

Figure 4.1.32 L'invasion de l'endomètre du 7 ^{ème} au 8 ^{ème} jour.....	156
Figure 4.1.33 L'invasion de l'endomètre fin du 9 ^{ème} jour	156
Figure 4.1.34 L'invasion de l'endomètre 11 ^{ème} au 12 ^{ème} jour.....	157
Figure 4.1.35 L'invasion de l'endomètre 13 ^{ème} jour	157
Figure 4.1.36 Transformation du bouton embryonnaire en disque embryonnaire didermique	158
Figure 4.1.37 Formation de la cavité amniotique	158
Figure 4.1.38 Formation du mésenchyme extra-embryonnaire et du lécihocèle primaire	159
Figure 4.1.39 Evolution du mésenchyme extra-embryonnaire et constitution du lécihocèle secondaire.	160
Figure 4.1.40 Les types de Alpha.....	162
Figure 4.1.41 La deuxième semaine du DE.....	172
Figure 4.1.42 La segmentation, migration et nidation.....	173
Figure 4.2.1 Palette SubTool (l'option Merge / flèches de repositionnement les sous-objets).....	175

Liste des tableaux :

Tableau1.1 Exemples d'applications réalisées avec 3dsmax.....	11
--	----

Introduction générale

Introduction générale

Depuis des millénaires, l'homme a cherché à reproduire ce qu'il voyait. Ce phénomène est partie des hommes préhistoriques qui peignaient sur de la roche ; puis suivirent de nombreuses civilisations qui avaient aussi d'autres moyens de "capture d'image ". Des chercheurs ont trouvé le moyen d'afficher sur un plan 2D une image qui sera perçu par le cerveau comme une image en 3 dimensions, par différentes méthodes. Ce fut le début d'une grande évolution et dans tous les domaines (télévision, jeux vidéo, imagerie médicale...).

Avec l'évolution des calculateurs (rapidité de calculs numériques), la 3D a fait son apparition. En effet ce domaine exige un très grand nombre de calcul qui doivent se faire en temps réel. L'image obtenue est un rendu (surfaccique ou volumique) d'une scène en trois dimensions sur un écran en 2 dimensions. Cette nouvelle représentation de l'image selon 3 axes, donne un effet très réaliste, proche de l'espace dans lequel nous vivons. Les formats de la 3D temps réel comportent des données plus complexes que dans le cas 2D. En effet du photoréalisme il faut gérer la géométrie les textures et matériaux l'éclairage et le point de vue.

Pour commencer obtenir une représentation géométrique correcte d'un objet 3D ne peut se faire qu'en passant par une modélisation de cet objet. Diverses méthodes existent :

Le premier modèle historiquement parlé, est le modèle fil de fer (on ne retient que les coordonnées (X,Y,Z) des sommets et les arêtes ; conduit à des ambiguïtés). Il y a actuellement le modèle surfaccique qui peut se faire à partir d'un maillage (modélisation polygonale= connecter des triangles) ou bien avec des surfaces implicites ou des surfaces paramétriques (Courbes et surfaces de formes libres ; courbes/surfaces de Bézier ; courbes/surfaces B-splines ; NURBS) ; représentation par subdivisions successives). Nous avons également le modèle volumique (exemple représentation par arbre de construction:CSG) et plus récemment le modèle fractale (surface et volume).

Une fois la modélisation faite, il faut passer à la phase d'habillage de l'objet ce qui se fait avec le choix de la texture et du matériau. C'est ce traitement qui fera apparaître, par exemple la différence entre un objet mat et un objet réfléchissant.... Avec tous ces paramètres il faut ensuite placer l'objet sous une ou plusieurs sources de lumières et choisir un point de vue (positionner une caméra), cela constitue de nouveaux paramètres mettant en jeu l'interaction de l'objet avec la lumière (shading ou ombrage). A ce niveau différent modèle d'illuminations existent (Lambert, Phong, Gouraud...) et permettent alors de représenter aussi fidèlement que possible l'objet tel qu'on peut le voir à l'œil nu.

L'image calculée (calcul de la couleur et de l'opacité de chaque voxel directement ou avec interpolation par rapport aux valeurs obtenues au niveau des sommets et/ou des normales des facettes) est le rendu final. Enfin, et si notre ordinateur est assez puissant on peut passer à la 4D, en d'autres termes animer notre scène selon le besoin de l'application.

Le besoin grandissant en modélisation et visualisation 3D, a poussé les développeurs à réaliser des logiciels 3D de plus en plus simples tout en poussant toujours plus loin les fonctionnalités. L'utilisateur n'a que son imagination comme limite et peut réaliser des scènes de diverses natures (mécanique, architecture, art et décoration...) et ceci en partant de formes géométriques de base qu'on appelle primitive (cube, sphère, cylindre,...). La modélisation

Introduction générale

consiste alors à modifier, combiner, appliquer des opérations logiques...à ces formes de manière à obtenir la forme géométrique finale de l'objet.

Ces logiciels s'appuient sur les modèles déjà évoqué plus haut pour obtenir le rendu de l'objet. Noter cependant que la modélisation la plus répandue et la plus simple est celle dite polygonale.

Les logiciels 3D se spécialisent pour répondre aux besoins des infographistes. On a par exemple les logiciels de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) qui génèrent des formes à partir de lignes, dont le but final est de réaliser des plans. Ces logiciels permettent de fabriquer des pièces réelles, où chaque dimension est calculée au millimètre près. On trouve également des logiciels de sculpture et de peinture sur des surfaces 3D. Ce qui permet de déformer, de dessiner sur vos surfaces comme si vous dessiniez sur un papier. Ils permettent de concevoir des personnages et créatures très facilement avec les moindres détails.

Les logiciels 3D offrent également des fonctions d'animation qui bien que très couteuses en temps d'exécution ouvre la voie à un autre monde la 4D. Le temps étant le 4^{ème} paramètre celui qui rend notre objet « vivant ».

De multiples domaines d'application peuvent désormais bénéficier des avantages de la modélisation. Ce qui n'était pas accessible hier devient désormais à portée de main de chacun.

Parmi ces domaines on a :

Le design /conception, l'art, l'archéologie, le patrimoine, la bijouterie, la joaillerie, l'inspection, ou encore l'aéronautique ou l'automobile, le médicale, l'architecture du bâtiment Promoteur immobilier, Cuisiniste et architecte d'intérieur, Industriel ,Service public...

L'utilisation de la 3D dans le domaine médicale reste encore en retard. L'avènement des TICE (technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement) n'a pas contribué à améliorer la qualité d'apprentissage dans ce domaine.

Cette technique devrait se développer davantage dans l'aide à l'enseignement en médecine car elle a un grand intérêt et un avenir prometteur. Il faut exploiter ces logiciels pour créer ou sculpter le modèle représentant la partie anatomique à étudier, ensuite mettre en action les différents outils d'animation pour permettre l'interactivité de l'étudiant avec ce nouveau monde qu'il va explorer comme jamais auparavant. Dans cette démarche de recherche et de développement de nouvelles techniques de conception et de communication, nous avons choisi de réaliser une étude sur la modélisation du développement embryonnaire pendant les deux premières semaines.

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 allant d'une cellule unique le zygote vers un disque embryonnaire pour arriver à la fin après un mouvement de plicature à une forme humaine tridimensionnelle.

L'enseignement de l'embryologie demande aux étudiants de maîtriser la discipline théorie de base, des connaissances de base et des compétences pratiques de base, les enseignants devraient intégrer la théorie à la pratique, inspirer les élèves à penser de façon indépendante, et de développer leur capacité à analyser et résoudre des problèmes.

Il s'agit d'un enseignement séquentiel progressif évoluant par étapes (depuis la fécondation jusqu'à la formation complète de l'embryon).

Introduction générale

L'outil principal que l'enseignant utilise est le schéma : il s'agit donc d'une succession d'images reflétant une évolution dans le temps d'un processus actif et complexe.

A partir des deux mécanismes s'interposent : le mécanisme dynamique séquentiel du développement de l'embryon et l'enseignement statique de la progression en schémas et textes explicatifs.

Les capacités de compréhension et de mémorisation de l'apprenant sont heurtées à cette dualité : expliquer un phénomène dynamique grâce à une pédagogie statique. N'ayant pas de plus ni les prérequis ni les capacités à analyser et résoudre le problème, il se trouve confronté à réguler ses capacités psycho-sensorielles et s'il arrive à le faire il ne pourra pas s'en servir dans l'apprentissage de l'histologie, matière enseignée en parallèle et les autres enseignements de médecine aussi.

En psychologie de l'éducation il y a création chez l'apprenant d'un conflit cognitif d'adaptation (Gérard Barnier, Théories de l'apprentissage et pratiques d'enseignement) source de retard et de mauvais résultats.

La vidéographie 3D vient réguler les capacités sensorielles de l'apprenant en apportant ses qualités dynamiques de l'apprentissage. Nous passons d'un processus « photographique » vers un processus « vidéographique » afin d'améliorer les pratiques pédagogiques.

L'objectif visé dans ce mémoire consiste à disposer de moyens pédagogiques permettant d'enseigner cette science de manière dynamique avec des événements qui se succèdent de manière claire et explicite. Ce qui apportera une aide précise à l'enseignant et l'étudiant de l'embryologie humaine. Evidemment nous devons, compte tenu du temps limité au projet PFE, limiter nos objectifs. Nous nous sommes donc fixé de ne modéliser que les deux premières semaines du développement embryonnaire. Ceci exige comme prérequis une formation spécialisée en modélisation 3D, dont a voulu faire profiter le lecteur avant de présenter les résultats obtenus. Ce mémoire est donc organisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présentons une petite introduction à la modélisation 3D, définition des principales applications dans la vie courante et une liste de logiciels de modélisation et animation qui se terminera par le choix des logiciels adéquats à notre projet (ZBrush et Maya).

Dans le deuxième chapitre nous proposons un tutorial d'initiation à ZBrush pour explorer son interface utilisateur et comprendre ses principaux concepts.

Le troisième chapitre nous apprendra l'utilisation de Maya dans les domaines de l'animation, le rendu, les effets spéciaux.

Le chapitre 4 est consacré à la présentation d'une part de l'aspect médicale (appareil génitale féminin, spermatozoïde, phénomène de fécondation et les 2 premières semaines de développement embryonnaire) et d'autre part à la modélisation de ces mêmes organes/processus à l'aide des logiciels ZBrush et Maya

Nous terminons ce travail par une conclusion générale, en résumant notre contribution et en proposant des perspectives.

Chapitre 01 : modélisation 3d

Chapitre 01 : Modélisation 3D

I. Introduction

La modélisation 3D est une technique infographique faisant partie du domaine de l'informatique, qui vise à créer des objets en 3 dimensions, à partir ou non d'objets réels. Elle est utilisée notamment dans l'élaboration de jeux vidéo, de films d'animation, les effets spéciaux, ou encore de plans ou projets d'ordre professionnel, par des logiciels informatiques comme 3DS Max, Maya, etc. Ces logiciels fourniront à l'artiste de modélisation 3D l'ensemble des outils nécessaire pour créer ou sculpter un modèle de son imagination dans une représentation 3D assisté par ordinateur. Ces modèles peuvent être modifiés, animés ou interprétés dans un film.

La modélisation 3D repose essentiellement sur des lois mathématiques complexes, qui sont appliquées à des contextes précis de la physique (et en particulier à l'optique, qui est une partie de la physique prédominante dans la modélisation 3D).

La 3D existe depuis les années 80, mais ce n'est que durant les années 2000 qu'elle s'est réellement développée [1].

La Trois dimensions ou tridimensionnel ou 3D sont des expressions qui caractérisent l'espace qui nous entoure, tel que perçu par notre vision, c'est-à-dire un objet ou un espace ayant une largeur, une hauteur et une profondeur.

En mathématiques, l'espace est repéré par trois axes orthogonaux.

Les trois dimensions géométriques sont :

- la largeur (gauche/droite) d'axe x , ou abscisse
- la hauteur (haut/bas) d'axe y
- la profondeur (avant/arrière) d'axe z

Ce premier chapitre représente une petite introduction à la modélisation 3D, nécessaire pour comprendre son impact dans notre vie. Tout d'abord nous commençons par une définition de certains termes spécifiques au monde 3D et les applications de la 3D dans la vie humaine. Nous terminons ce chapitre par la description des différentes logicielles de modélisation et d'animation.

II. Définitions (vocabulaire de 3d)

- ❖ Un sommet= 1 vertex (pl. vertices), les trois coordonnées (x,y,z) construisant une primitive géométrique [2].
- ❖ Une Arrête= joint 2 sommets (Figure1.1).
- ❖ Un vecteur donne une position ou une direction.

Chapitre 01 : modélisation 3d

- ❖ Un triangle = 1 facette (3 sommets, 3 arrêtes).
- ❖ Un Polygone = 2 triangles.

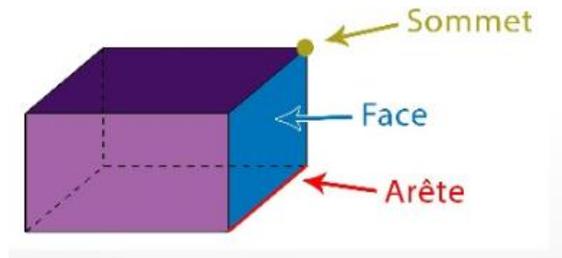


Figure 1.1 Les composants d'un objet 3D

- ❖ Perspectives : Une représentation plane d'un objet en trois dimensions destinée à donner une impression de profondeur spatiale [3]. En effet, comme l'affichage des objets 3D se fait sur un écran 2D, il est nécessaire d'utiliser un dessin en perspective pour donner une impression de volume (profondeur). Ainsi, les formes connues en 2D seront déformées en conséquence (figure 1. 2). Par exemple un carré devient un cube, un cercle devient une sphère et un triangle devient un cône.

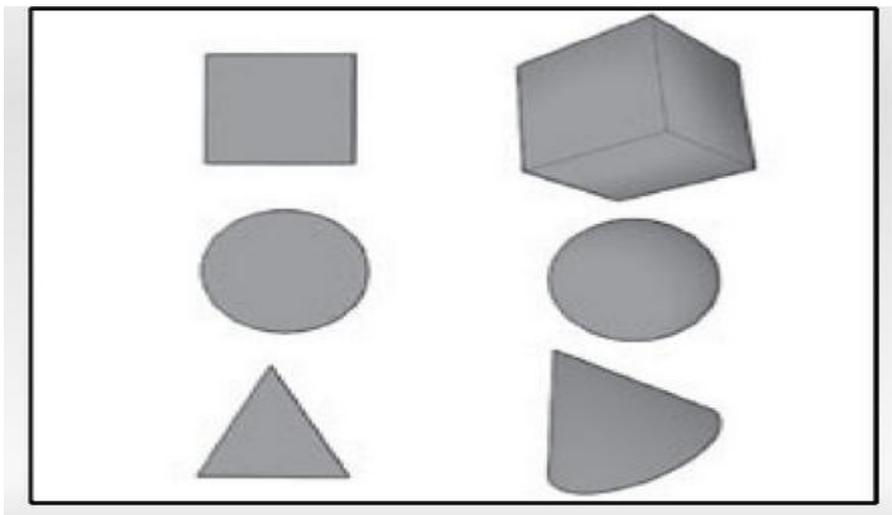


Figure 1.2 Quelques formes 2D et leur correspondances en 3D

- ❖ Maillage = Mesh (pl. meshes)
Surface ou volume généré par un ensemble de nœuds et de lignes de contrôle dont les caractéristiques sont définies par les points ou les courbes qui ont servi à la création de l'élément. Dans le cas particulier de la modélisation polygonale, l'objet est construit avec un maillage qui est une juxtaposition de polygones (au minimum un triangle) [2].
- ❖ Infographie : ou informatique graphique, peut être définie comme étant l'utilisation de l'ordinateur pour créer, mémoriser et manipuler des images [4]. C'est l'étude de la création, la manipulation et l'utilisation d'image avec l'ordinateur.

Chapitre 01 : modélisation 3d

- ❖ **Modèle** : représentation abstraite, ensemble d'objets organisés pour représenter une scène à afficher. Objet du modèle = approximation de l'élément modélisé [4].
- ❖ **Animer** : c'est dessiner puis afficher une séquence d'images. Animer c'est donc enchaîner des descriptions de modèles ainsi que leur restitution [4].
- ❖ **CAO** : Conception Assistée par Ordinateur, comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, de tester virtuellement à l'aide d'un ordinateur et des techniques de simulation numérique et de réaliser des produits manufacturés et les outils pour les fabriquer [1].
- ❖ **Texture** : C'est une région dans une image numérique qui a des caractéristiques homogènes. Ces caractéristiques sont par exemple un motif basique pouvant se répéter [3].
- ❖ **Rendu** : Processus informatique calculant l'image 2D (équivalent d'une photographie) d'une scène créée dans un logiciel de modélisation 3D comportant à la fois des objets, des sources de lumière et vue à partir d'un point de vue choisi [3].
- ❖ **Impression 3D** : C'est une technique de prototypage rapide issue du MIT (Massachusetts Institute of Technology) qui permet de fabriquer des objets tridimensionnels à l'aide d'une imprimante 3D, d'un fichier numérique et de certains matériaux (plastique, métal, argile, résine, gré, etc.). Le principe est donc assez proche de celui d'une imprimante 2D classique : l'impression 3D d'un objet réel se fait à partir d'un fichier CAO en le découpant en tranches puis en déposant ou solidifiant de la matière couche par couche. C'est l'empilement de ces couches qui crée un volume (figure 1. 3). Les applications de l'impression 3D sont multiples : l'architecture, design, santé, industrie, aéronautique, marketing, etc. [5]



Figure 1.3 Imprimante 3D et quelques modèles

Chapitre 01 : modélisation 3d

III. La modélisation, mais pas seulement

Les logiciels de modélisation polygonale permettent d'animer tout ce petit monde, de créer un éclairage, une ambiance, d'appliquer des textures, de réaliser des rendus pour calculer une image finale avec des ombres, des matériaux réalistes qui reflètent la lumière et l'environnement. Créer toutes sortes d'effets spéciaux, des explosions, de la fumée, de la pluie, etc. Avec tout ça réuni il y a de quoi faire : réaliser un court métrage ou film, une animation publicitaire, une vidéo d'introduction, de réaliser des modèles pour un jeu vidéo, du design automobile ou d'objets, de faire de la visualisation architecturale. Ce ne sont que des exemples des possibilités...

Le monde en 4 dimensions

Une dimension est une composante essentielle du monde réel. Mais alors, qu'apporte la quatrième dimension ? Il s'agit du temps, beaucoup l'oublie. Sans lui le monde serait figé.

C'est exactement pareil pour les logiciels de modélisation et de sculpture, on dit souvent qu'ils gèrent la 3D, car permettent de travailler avec les axes XYZ, on oublie souvent qu'on peut aussi y animer des personnages et des objets en fonction du temps. On les appelle logiciel de 3D, car leur fonctionnalité la plus importante est la modélisation en 3D. L'animation est une étape facultative.

Faut-il savoir dessiner pour être bon en 3D ?

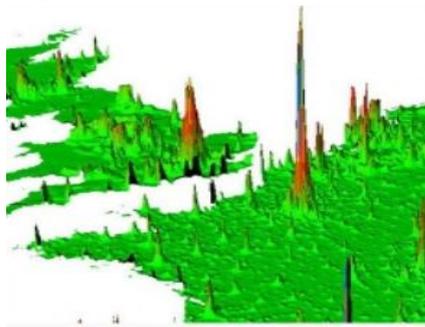
Ça dépend en effet du projet que vous serez amené à réaliser. Par exemple, pour de la modélisation à partir de plans techniques, comme une voiture, vous n'aurez rien à inventer, seulement à suivre le tracé. Pour ce qui va être de créer un personnage, surtout si celui-ci doit être le plus réaliste possible, des cours de dessin et surtout en anatomie ne vous seront que bénéfiques. Aussi, si vous inventez quelque chose : un environnement, un concept ou autre il vaudra mieux gratter sur papier avant de vous lancer dans sa modélisation, pour avoir une idée à suivre.

IV. Les applications de la 3d

Les technologies 3D ont plusieurs applications principalement le design /conception, le médicale, l'art, l'archéologie, le patrimoine, le bijoutier l'inspection.

IV.1. Quelques exemples d'applications 3D

- Production de graphiques, (figure1. 4).



Chapitre 01 : modélisation 3d

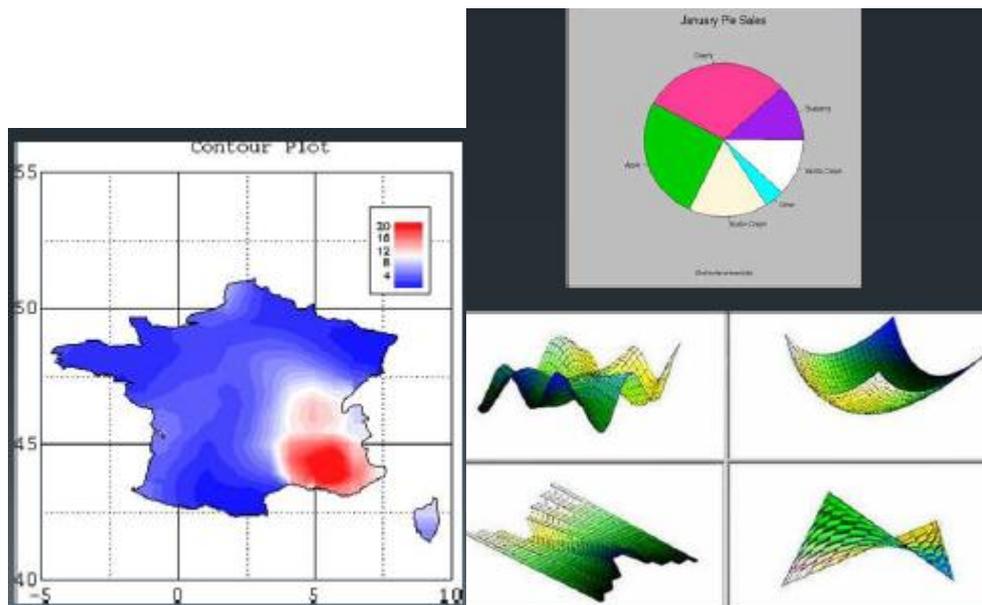


Figure 1.4 Les cartes géographiques en 3d

- CAO, (figure1. 5).



Figure 1.5 La 3d en mécanique

- Bijouterie, (figure1. 6).

Numérisation de pierres précieuses créer un bijou sur mesure ...[1]

Chapitre 01 : modélisation 3d

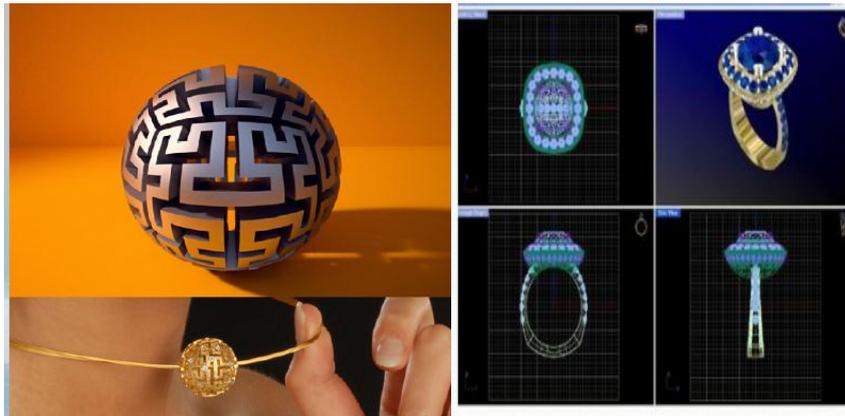
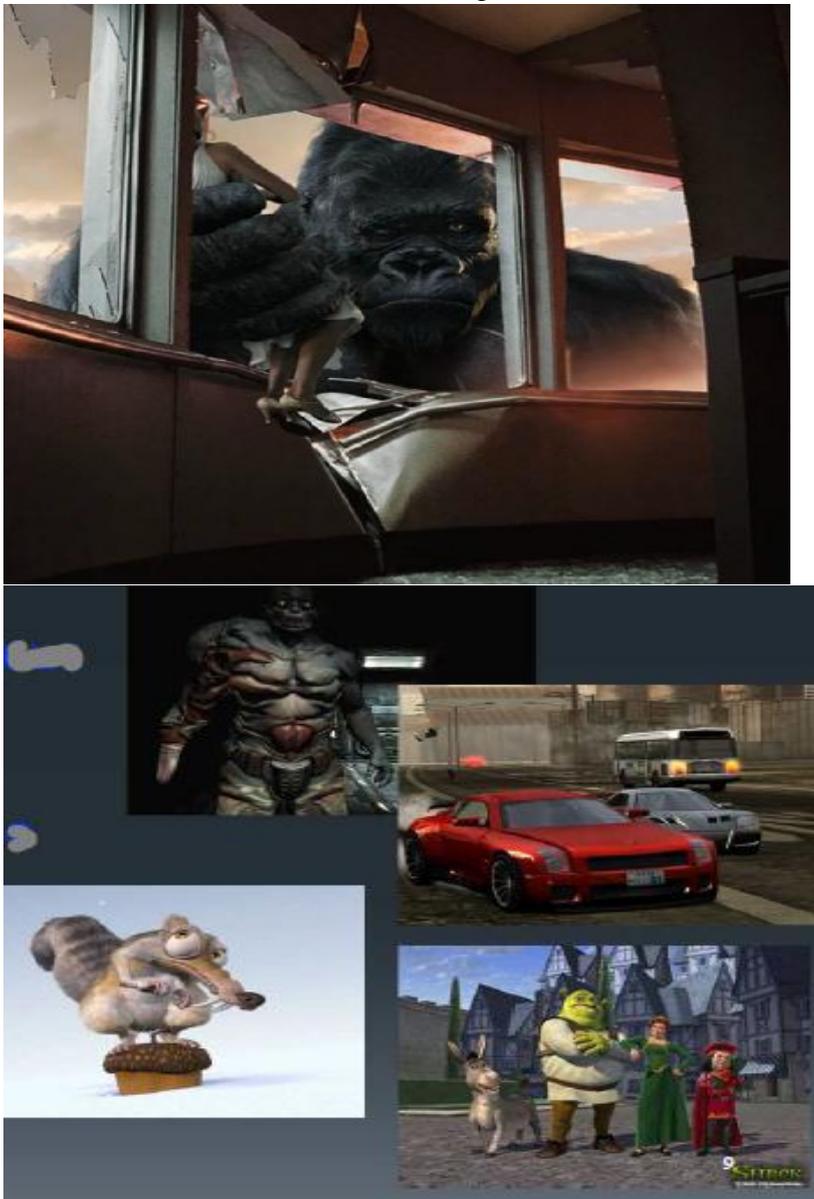


Figure 1.6 Modélisation des bijoux, des pierres

- Jeux & Vidéo & filme animation, (figure1. 7).



Chapitre 01 : modélisation 3d



Figure 1.7 Des films, des jeux en 3d

- Simulation, (figure1. 8).



Figure 1.8 Quelques simulation de monde réel

Chapitre 01 : modélisation 3d

- Visualisation scientifique, (figure1. 9).

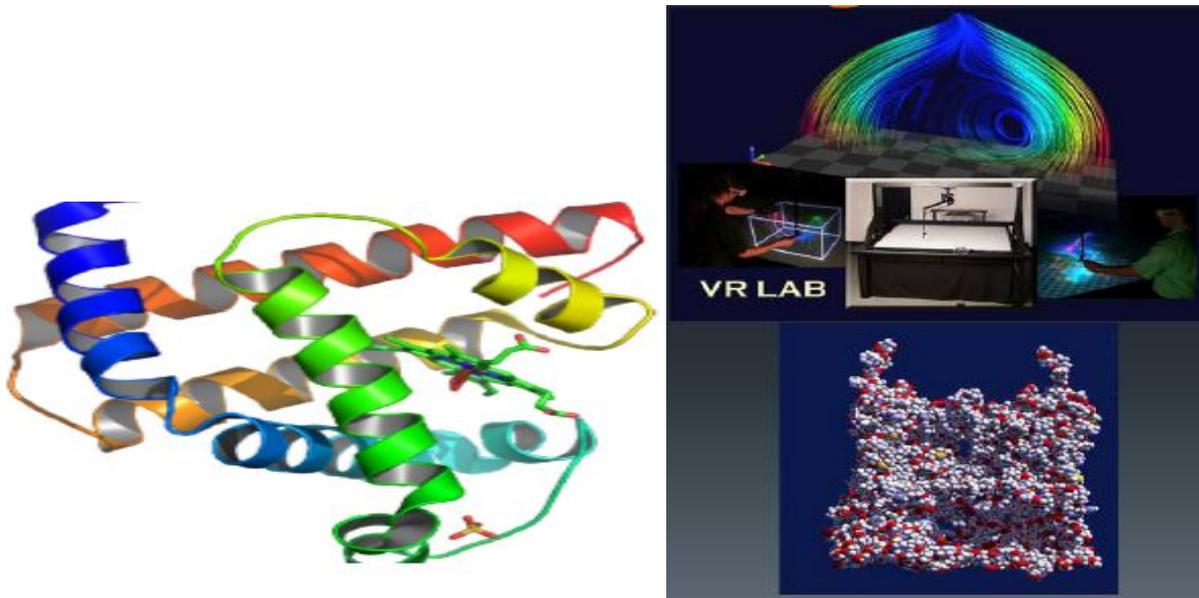


Figure 1.9 Représentation des phénomènes physiques et chimiques en 3d

- Architecture & Décoration, (figure1. 10).

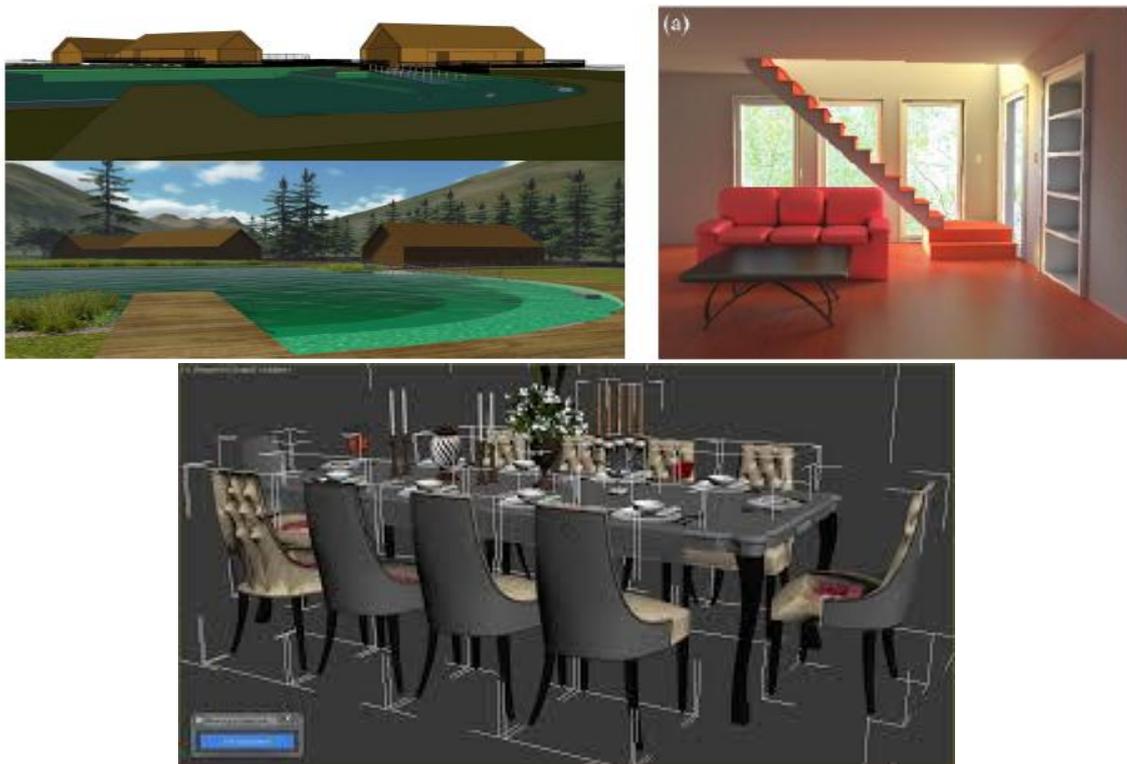


Figure 1.10 Exemples de modélisation des maisons en 3d

Chapitre 01 : modélisation 3d

IV.2. Le domaine médicale

Le domaine médical utilise, de plus en plus, les systèmes de numérisation 3D comme des scanners IRM qui permettent de reconstituer en 3D certaines parties du corps, (figure1. 11).

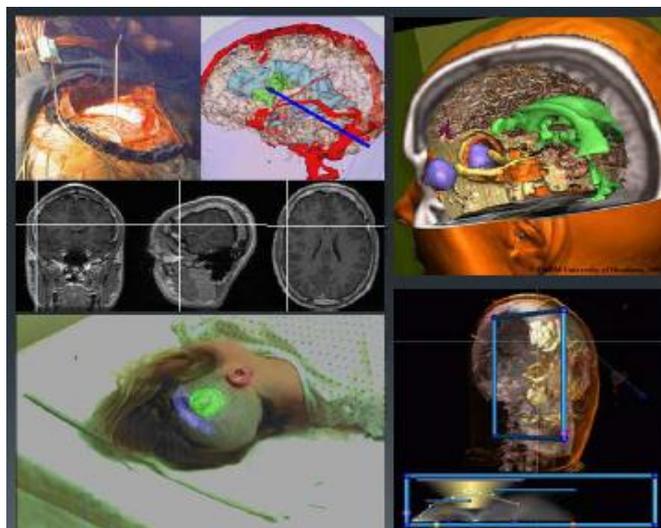


Figure 1.11 La 3d en médecine

- Le domaine dentaire

Numérisation de modèle de mâchoires de patient pour réaliser des prothèses fixes, mobiles, appareils dentaires, et implants, (figure1. 12).

- L'orthopédie

Numérisation du corps des patients comme une prise d'empreinte numérique pour réaliser des prothèses sur mesure comme : des corsets, des minerves des sièges, des matelas des chaussures (podo-orthopédistes) sur mesure..., (figure1. 12).



Figure 1.12 Exemple des prothèses pour les dents et la poitrine

Chapitre 01 : modélisation 3d

V. Logiciel de modélisation 3d

V.1. Définition

Un logiciel de modélisation tridimensionnelle, ou modelleur 3D, est un logiciel qui sert à créer des scènes 3D, composées de formes complexes, ou objets, en trois dimensions à partir de primitives de bases ou de définition analytique. Les modelleurs 3D sont utilisés aussi bien dans l'industrie en conception assistée par ordinateur que par les infographistes qui réalisent des scènes dédiées aux jeux vidéo, à la réalisation d'animations pour le cinéma et à la création de présentations ou d'environnements de réalité virtuelle[6].

L'intérêt est de pouvoir simuler des idées (construction, domaine médical, aménagement ameublement) dans le monde virtuel avant de les mettre en œuvre dans le monde réel. Les options peuvent ainsi être testées et partagées.

V.2. Principe

Les logiciels de modélisation 3D se basent essentiellement sur la manipulation de formes de base. Ces formes de base utilisées peuvent être des cubes, des sphères ou des cônes.

Le logiciel propose généralement un ensemble d'outils qui permettent de modeler ces formes de base afin d'obtenir des formes plus complexes, comme une voiture ou un personnage. Ces outils de modélisation peuvent être de simples transformations géométriques, et de la Géométrie de Construction de Solides ou peuvent réaliser des transformations plus complexes, permettant de modifier des morceaux de la forme, de les découper ou de les tordre dans tous les sens. Les logiciels de modélisation 3D peuvent intervenir sur d'autres attributs comme la texture de l'objet, sa couleur, la manière dont elle transforme la lumière, etc.

Le logiciel est également capable de gérer la position et l'orientation d'une caméra et la présence de différentes sources de lumière, permettant ainsi de regarder un point précis de la scène et d'en éclairer certaines parties. Le module de rendu permet alors de créer des images correspondant aux scènes réalisées.

La scène ainsi obtenue sera sauvegardée dans un fichier selon un format donné, afin qu'elle puisse être utilisée exploitée directement ou utilisée par un autre programme (créer des animations ou des jeux).

V.3. Quelques logiciels de modélisation tridimensionnelle

Voici une liste de logiciels informatiques de modélisation 3D qui sont utilisés pour l'élaboration d'une représentation mathématique d'une surface en trois dimensions d'objets.

Chapitre 01 : modélisation 3d

❖ 3Dstudio max

3D studio Max est une application de pointe de l'industrie pour la visualisation la conception, le développement de jeux et d'effets visuels. 3ds Max est puissant et suffisamment flexible pour les professionnels, mais assez intuitive pour les débutants avec une interface utilisateur et film d'apprentissage pour apprendre les concepts de base permettant une efficacité professionnelle de la modélisation, animation, texture et techniques d'éclairage [7].

Leader des logiciels d'animation et de visualisation depuis sa création, 3ds max est utilisé dans l'architecture, la simulation, le design, l'audiovisuel.

3ds Max est ainsi conçu sur une architecture modulaire, le logiciel est actuellement en version 2016 (3ds max 2016) et est développé par Autodesk. Le tableau1.1 donne une liste d'applications réalisées avec 3DSmax [8]. La communauté mondiale pour ce logiciel est vaste, aider à trouver des tutoriels, des conseils, de l'emploi, et plus encore.

Jeux vidéo	Films	Industrie automobile
Assassin's Creed Call of Duty: Ghosts Grand Theft Auto: San Andreas EverQuest II Halo 2 Little Big Adventure Little Big Adventure 2 Myst IV: Revelation Need for Speed : Underground Star Wars: Knights of the Old Republic II - The Sith Lords Tom Clancy's Ghost Recon 2 Warhammer 40,000: Dawn of War World of Warcraft	2012 Alice au pays des merveilles Avatar Battlefield Earth Destination finale 2 Freddy contre Jason Fusion Iron Man Harry Potter Hellboy La Chute du faucon noir Lara Croft : Tomb Raider Le Gardien du manuscrit sacré Le Jour d'après Matrix Mission impossible Mr. et Mrs. Smith Scooby-Doo Shutter Island Speed Spider-Man Sucker Punch Super 8 Transformers Voyage au centre de la Terre Watchmen : Les Gardiens X-Men X-Men 2	Audi Citroën Ferrari Lamborghini

Tableau1.1Exemples d'applications réalisées avec 3dsmax

Chapitre 01 : modélisation 3d

❖ AutoCAD

Édité par Autodesk, AutoCAD est un outil de modélisation 3D extrêmement complet destiné avant tout aux industriels avec des besoins en CAO avancée. Créé en 1982, il s'agit de l'outil de dessin industriel assisté par ordinateur le plus répandu dans les entreprises. Notez qu'il existe une version d'essai gratuite [9].

AutoCAD est développé pour Windows et pour Mac OS [10]. La figure 1.13 représente l'interface graphique d'autoCAD.

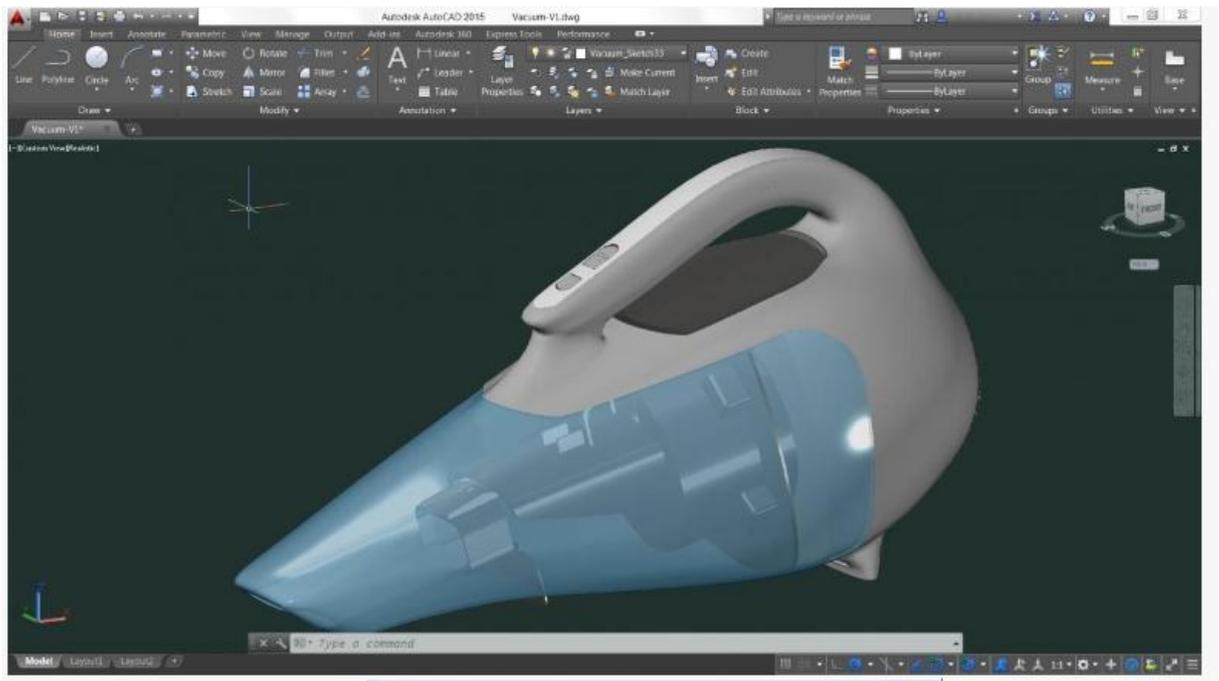


Figure 1.13 Interface de logiciel AutoCAD

❖ BLENDER

Devenu absolument incontournable et d'excellente qualité, Blender est une suite gratuite et open-source de modélisation 3D extrêmement complète, qui permet également aux graphistes l'animation, le rendu 3D photo-réaliste, la simulation, la composition, ou encore de réaliser des vidéos et jeux [9].

Créé et entretenu par une fondation néerlandaise, Blender fonctionne aussi bien sous Linux, Windows ou Mac OS. Il dispose par ailleurs d'une bibliothèque très fournie d'extensions qui permettent d'ajouter des générateurs (d'arbres, de nuages, de particules, de paysages...), des options de modélisation, des objets, des scripts, des options d'importation ou d'exportation. La figure 1.14 représente l'interface graphique de Blender.

Chapitre 01 : modélisation 3d

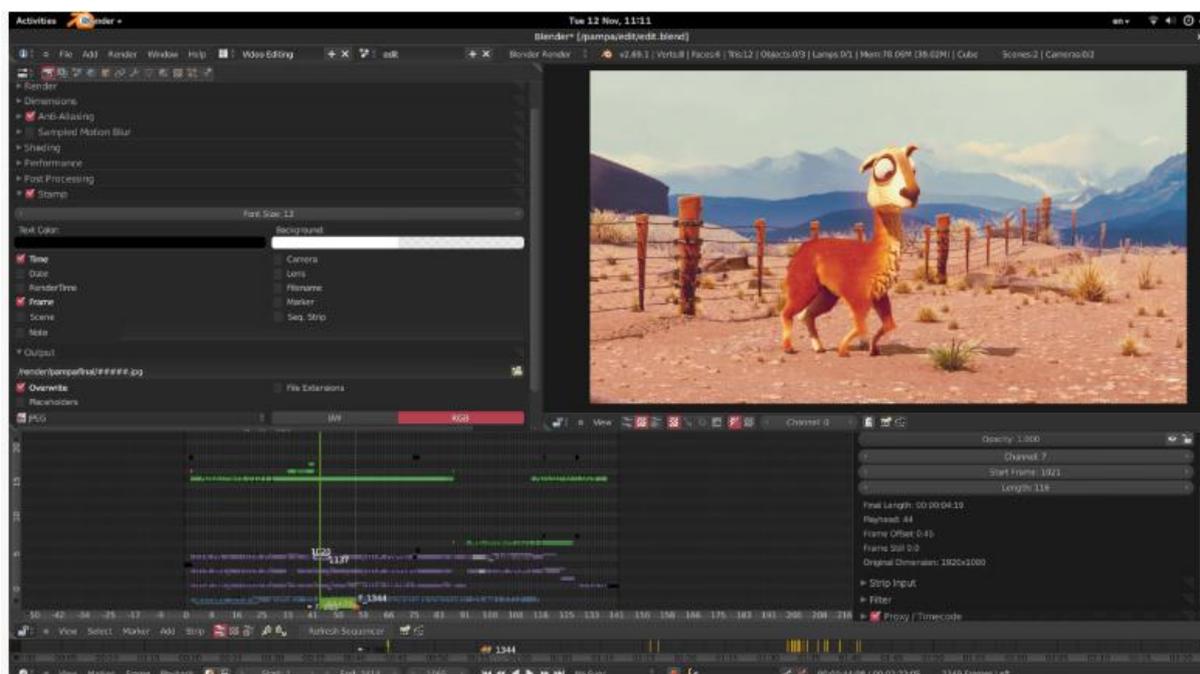


Figure 1.14 Interface de blender

❖ CINEMA 4D

Comme son nom l'indique, Cinema 4D est avant tout un logiciel de création 3D fait pour la vidéo ultra réaliste destinée à la télévision ou au cinéma, même s'il est aussi parfois utilisé pour les jeux vidéo. Créé en **1999** sous le nom de **Fastray**, le logiciel est édité par l'Allemand **Maxon**, qui en propose plusieurs déclinaisons pour les architectes, designers ou professionnels du cinéma [9].

C'est une application idéale pour le graphisme animé, la modélisation la texture (textures dynamiques telles que des cheveux), la simulation (basées sur la dynamique des corps ou des tissus) et le rendu.

Alors que la plupart des grandes entreprises ont tendance à utiliser Maya et 3DS Max, certains ont opté pour Cinema 4D notamment pour la réalisation Spiderman 3, Watchmen, et le film d'animation " Tempête de boulettes géantes ".

Cinema 4D est gratuit pour les étudiants ; il suffit d'envoyer une copie de sa carte étudiant à l'éditeur. La figure 1.15 représente l'interface graphique de CINEMA 4D.

Chapitre 01 : modélisation 3d

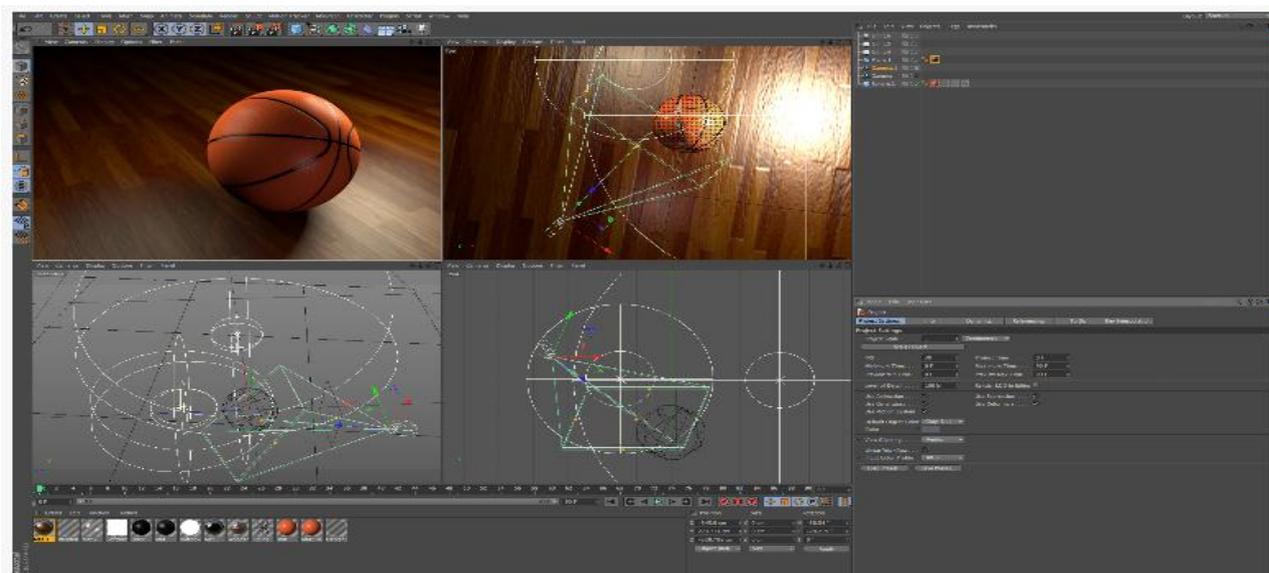


Figure 1.15 Interface de Cinema 4D

❖ AUTODESK MAYA

Destiné au cinéma, à la télévision et aux jeux vidéo, Maya est l'outil de référence chez les artistes 3D qui veulent modéliser, animer, simuler ou rendre des scènes en 3D avec un logiciel tout-en-un.

Maya est utilisé pour l'animation, la modélisation, la simulation et le rendu. Cependant son domaine de privilège est l'animation 3D. Pour cela, Maya est souvent utilisée par les industries des films et des jeux en raison. Maya permet des simulations 3D incroyables (effets d'atmosphères, de liquides, de particules,... ajouter des cheveux, du feuillage, ou encore provoquer des animations basées sur des modèles physiques complexes). Parmi les applications les plus connues, citons *Harry Potter* et *le creux mortifère*. C'est également le cas avec des jeux populaires, tels que *Call of Duty*, *Halo*, et *médaille de hono*.

Certains des avantages les plus remarquables de l'utilisation de Maya sont :

- un large éventail d'outils, pour faire des animations complexes facile à créer.
- rendu en temps réel permettant aux artistes de travailler dans un environnement qui correspond presque à la sortie finale.
- ouverture de la plateforme de données, permettant aux artistes de tester rapidement des représentations de scène différente pour un résultat optimal.

Maya est détenu par Autodesk, qui détient aussi son concurrent 3DS Max, moins cher et moins complet, mais aussi plus répandu dans l'industrie du jeu vidéo [9].

Maya fonctionne principalement sous Linux mais aussi sous Mac OS X et Microsoft Windows. La société Alias a été rachetée en octobre 2005 par Autodesk|discreet (compagnie

Chapitre 01 : modélisation 3d

développant plusieurs logiciels primés dans le monde du graphisme tels que Flame, Inferno, Combustion ou 3D Studio Max) [11]. La figure 1.16 représente l'interface graphique de Maya.

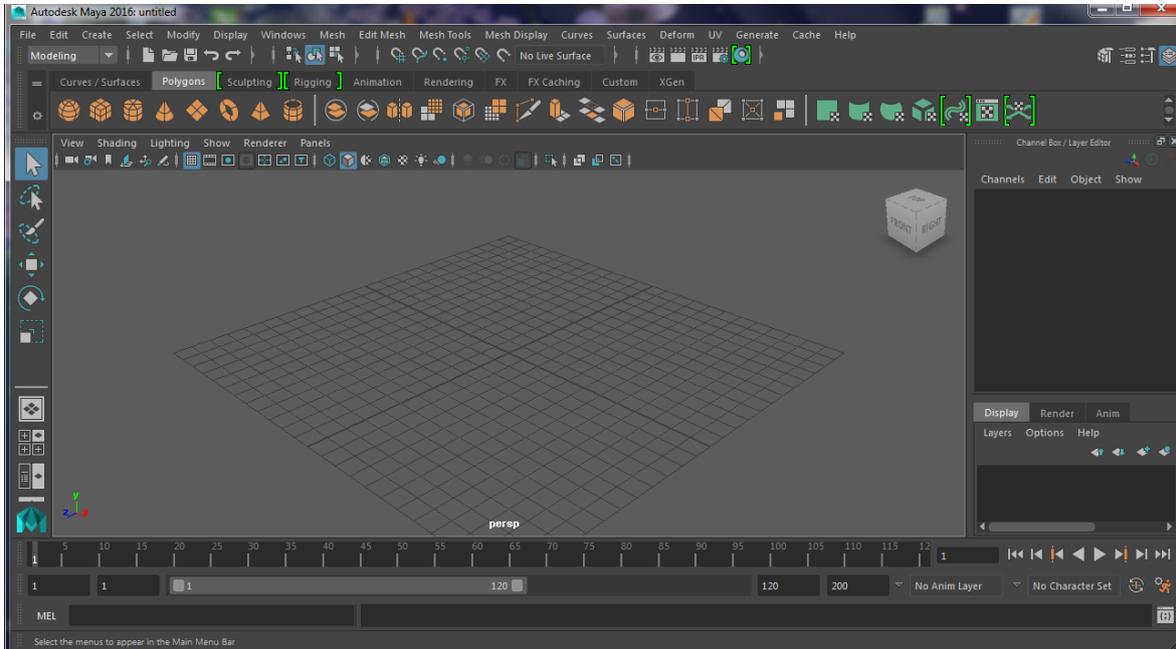


Figure 1.16 Interface de maya

❖ MODO

Modo est une suite de modélisation et d'animation 3D disposant de fonctions avancées de modélisation, de sculpture 3D, de peinture 3D, Modo est disponible sous Mac OS X et sous Windows [12]. La figure 1.17 représente l'interface graphique de Modo.

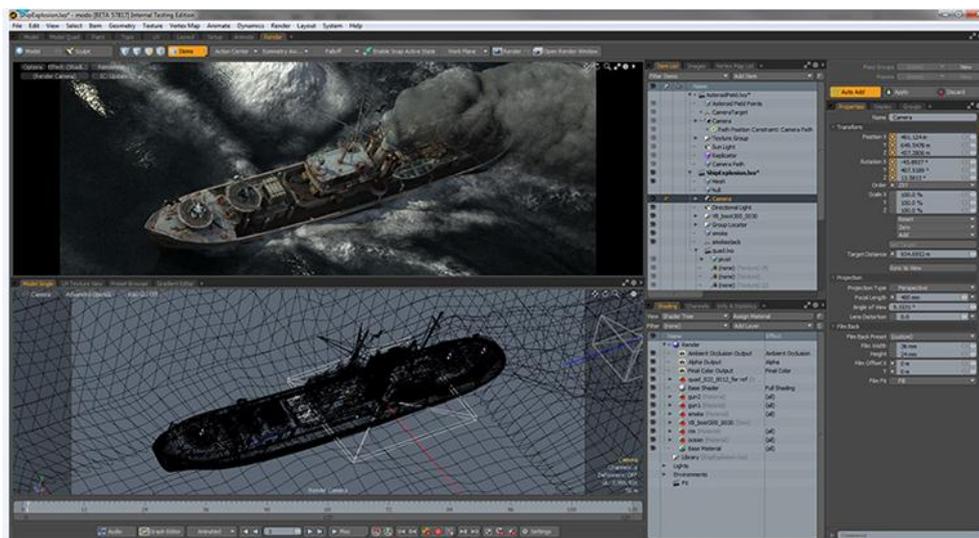


Figure 1.17 Interface de modo

Chapitre 01 : modélisation 3d

❖ MUDBOX

Mudbox est un logiciel de peinture et de sculpture numérique qui offre aux artistes 3D un ensemble d'outils intuitifs et tactile pour créer et modifier des textures de la géométrie 3D [13]. En effet Mudbox, comme son principal rival, ZBrush, permet de sculpter en temps réel sur un objet en 3d. Cette utilisation devient de plus en plus courante pour finaliser ou détailler un modèle réalisé, notamment dans l'industrie du cinéma [14]. La figure 1.18 représente l'interface graphique de Mudbox.



Figure 1.18 Interface de madbox

❖ SKETCHUP MAKE

Autrefois connu comme « Google Sketchup », Sketchup Make est la version gratuite de la suite de dessin 3D désormais éditée par Trimble. Surtout pensée pour réaliser des dessins d'architecture ou d'aménagement intérieur, Sketchup s'adapte néanmoins très bien à tous les besoins de modélisation 3D, que ce soit pour la construction, la menuiserie, la conception d'objets industriels design, le cinéma, le jeu vidéo ou l'impression 3D [9].

Extrêmement facile à prendre en main grâce à son interface très intuitive qui donne l'impression de dessiner au crayon (d'où son nom), Sketchup est beaucoup plus riche qu'il n'y paraît au premier abord et offre de nombreuses possibilités pour concevoir et modifier des créations 3D.

Contrairement à Blender, Sketchup Make est avant tout un logiciel de modélisation et ne permet donc pas à la base de réaliser de rendu 3D photo-réaliste ou de créer des animations complexes. La figure 1.19 représente l'interface graphique de Sketchup Make.

Chapitre 01 : modélisation 3d

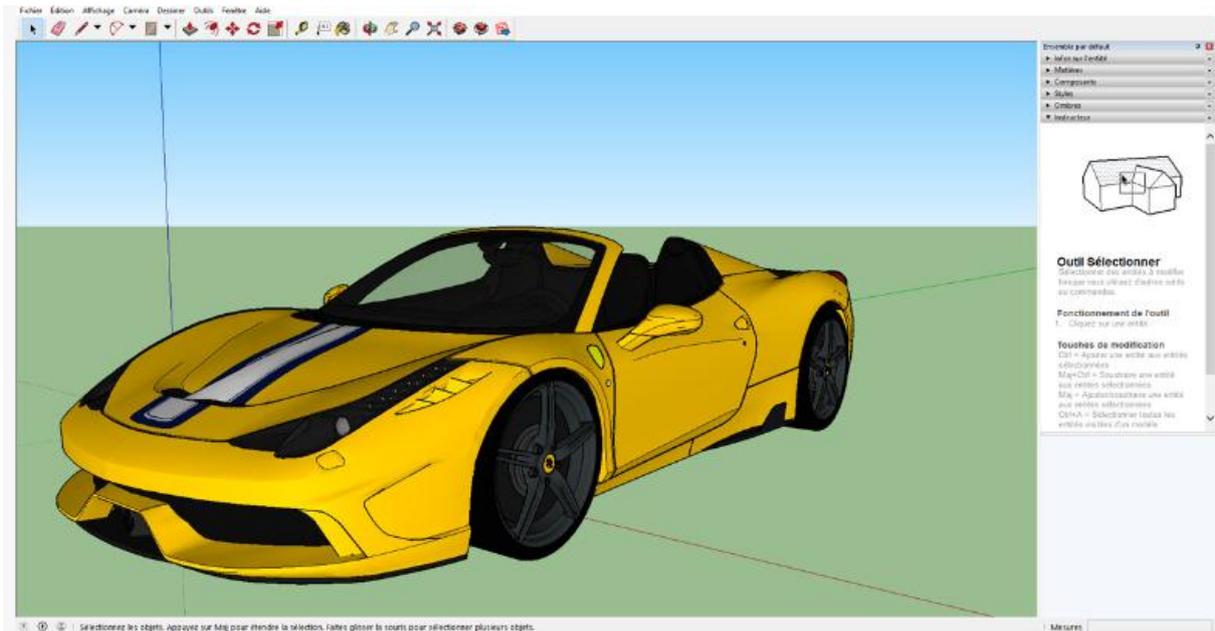


Figure 1.19 Interface de SKETCHUP MAKE

❖ FREECAD

Destiné surtout aux concepteurs d'engins mécaniques et autres objets industriels qui recherchent des outils de CAO, FreeCAD est un logiciel gratuit open-source pour Windows, Linux, Mac OS [9]. La figure 12 représente l'interface graphique de FreeCAD.

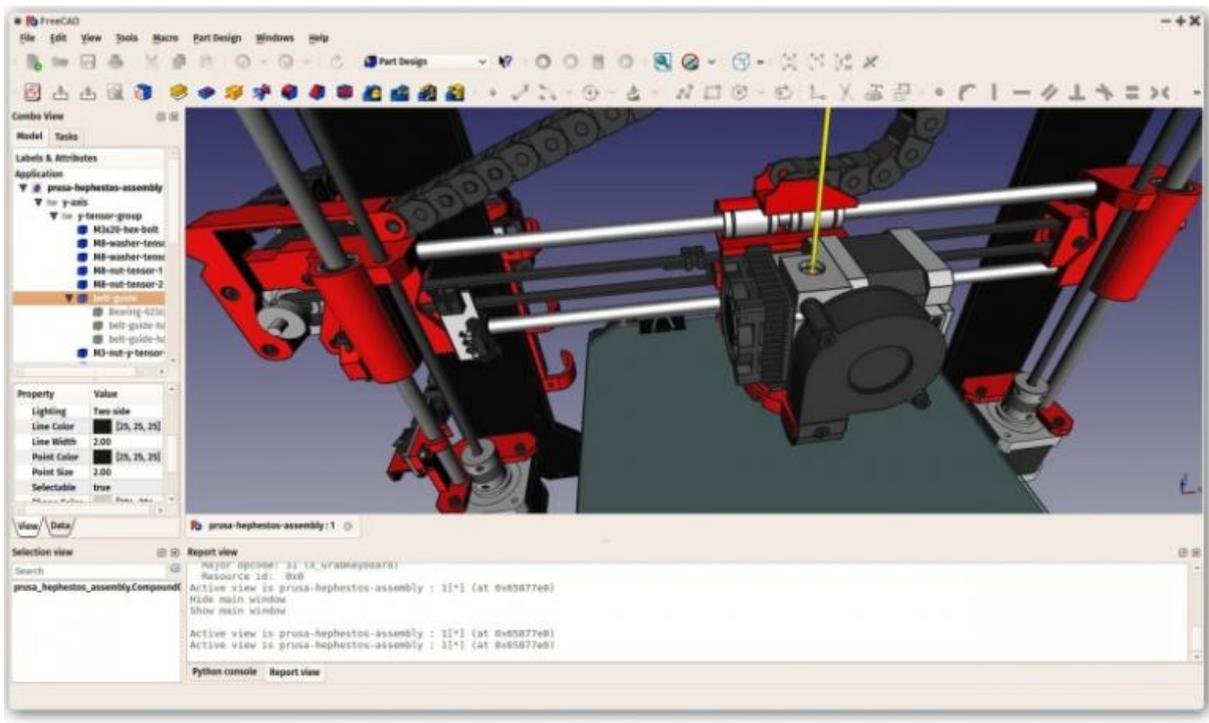


Figure 1.20 Interface de FreeCAD

Chapitre 01 : modélisation 3d

❖ APPLICATIONS EN LIGNE POUR MODELISATION 3D

✓ TinkerCad

Destiné surtout aux possesseurs d'imprimantes 3D, Tinkercad est un outil simplissime d'utilisation qui fonctionne directement dans le navigateur. Il permet de modéliser des objets par *glisser-déposer* de formes géométriques de base, qui peuvent ensuite être modifiées, fusionnées ou sous-traitées pour créer des objets complexes qui pourront être importés pour l'impression 3D [9]. La figure 1.21 représente l'interface graphique de TinkerCad.

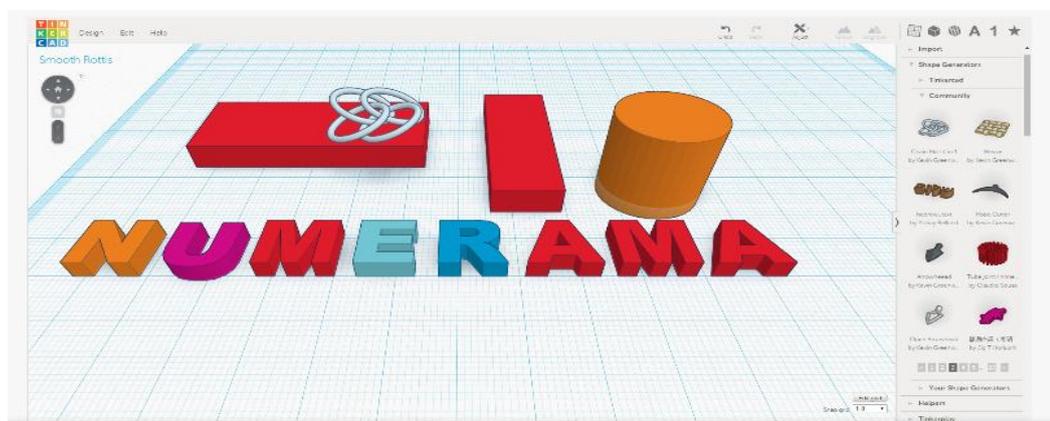


Figure 1.21 interface de TinkerCad

✓ Leoply

Leoply est une application en ligne utilisable sur PC, MAC et tablette, qui propose de modéliser des objets 3D et de les peindre directement depuis le navigateur. L'application offre différents outils pour sculpter des formes à partir de modèles de base, créer de nouvelles formes, ou même simuler des créations en cubes [9]. La figure 1.22 représente l'interface graphique de Leoply.



Figure 1.22 Interface de Leoply

Chapitre 01 : modélisation 3d

❖ SOLIDWORKS

Édité par Dassault Systems, SolidWorks est la solution de conception 3D assistée par ordinateur (CAO 3D) la plus populaire du moment (plus efficace que FreeCAD).

Ce logiciel industriel permet de concevoir des pièces détaillées, des assemblages et des mises en plan destinées à la production, et dispose d'outils permettant la génération de surfaces complexes, de pièces de tôlerie dépliées et d'assemblages mécano-soudés.

Il permet en outre de réaliser des analyses de contraintes ou encore d'évaluer l'impact environnemental d'un objet en fonction de ses composants [9]. La figure 1.23 représente son interface graphique.

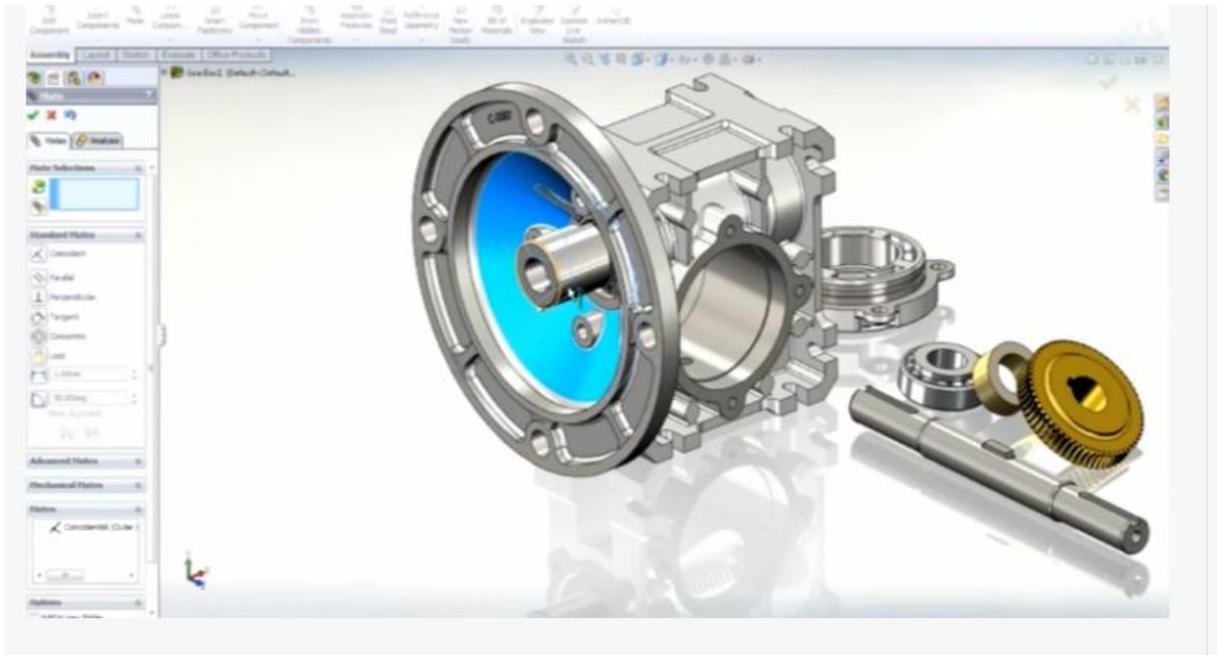


Figure1.23 Interface de Solidworks

❖ SOFTIMAGE|XSI

Softimage|XSI est un logiciel de modélisation, d'animation et de rendu 3D professionnel conçu à Montréal, où la compagnie éponyme fut fondée en 1986 par Daniel Langlois.

La compagnie a été acquise par Microsoft en 1994 puis par Avid Technology inc., un leader dans le monde de l'édition vidéo, en 1998. Le 23 octobre 2008, Autodesk a annoncé son rachat pour 35 millions de dollars.

Chapitre 01 : modélisation 3d

La plus récente version de Softimage à ce jour est la version 2013. Ce logiciel a été utilisé dans la conception des films Jurassic Park et la nouvelle trilogie Star Wars, ainsi que pour les jeux vidéo Half-Life 2, Prince of Persia : les Sables du temps et Resident Evil 4.

Son prix est aujourd'hui plus abordable que ses concurrents directs (500 \$ de moins que Maya ou 3DSMax par exemple) et une version gratuite de 3 ans est disponible pour les étudiants.

En mai 2014 Autodesk, annonce une nouvelle et dernière version du logiciel, c'est la fin du développement de Softimage [15]. La figure 1.24 représente son interface graphique.

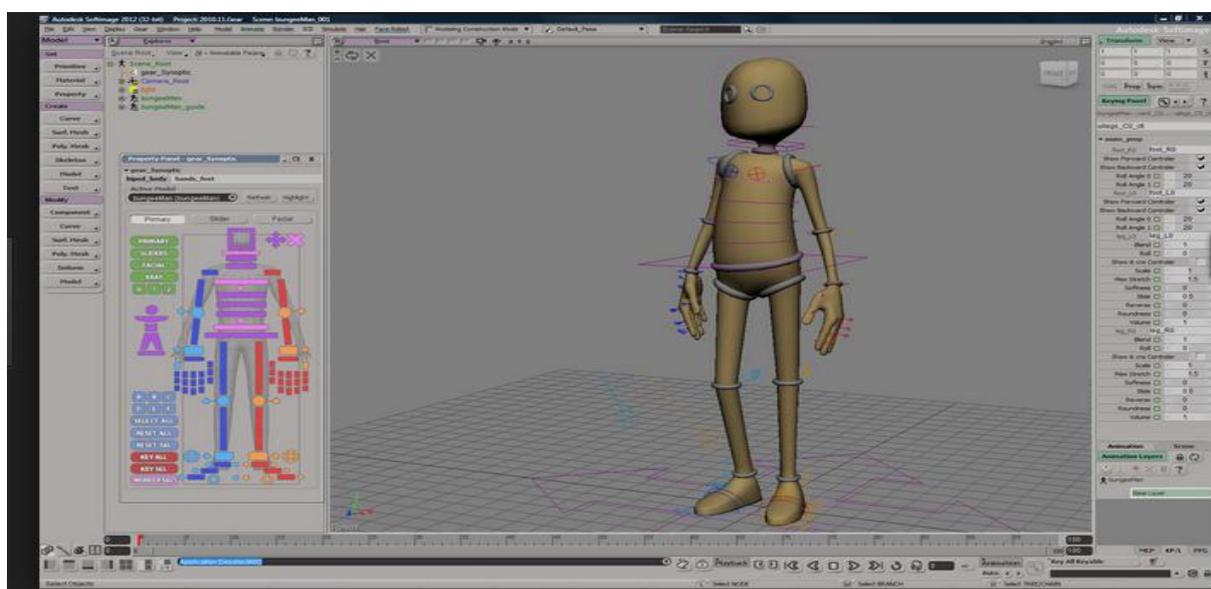


Figure 1.24 Interface de Softimage|XSI

❖ ZBRUSH

ZBrush est Le logiciel de modélisation qui a révolutionné le monde de la 3D, en donnant la possibilité aux infographistes de créer des modèles organiques à l'aide de techniques très proches de celles employées en sculpture traditionnelle.

Ce logiciel utilise une technologie exclusive de « pixels 3D », les *Pixels*.

ZBrush est utilisé en tant qu'outil de modélisation polygonale afin de créer des modelages de haute résolution (jusqu'à 10 millions de polygones) qui sont utilisés dans l'industrie du jeu vidéo, du cinéma, et dans l'animation. Il peut être utilisé comme complément dans la modélisation polygonale, où il sert à affiner et finaliser une maquette, en lui ajoutant des détails [16]. La figure 1.25 représente son interface graphique.

Chapitre 01 : modélisation 3d

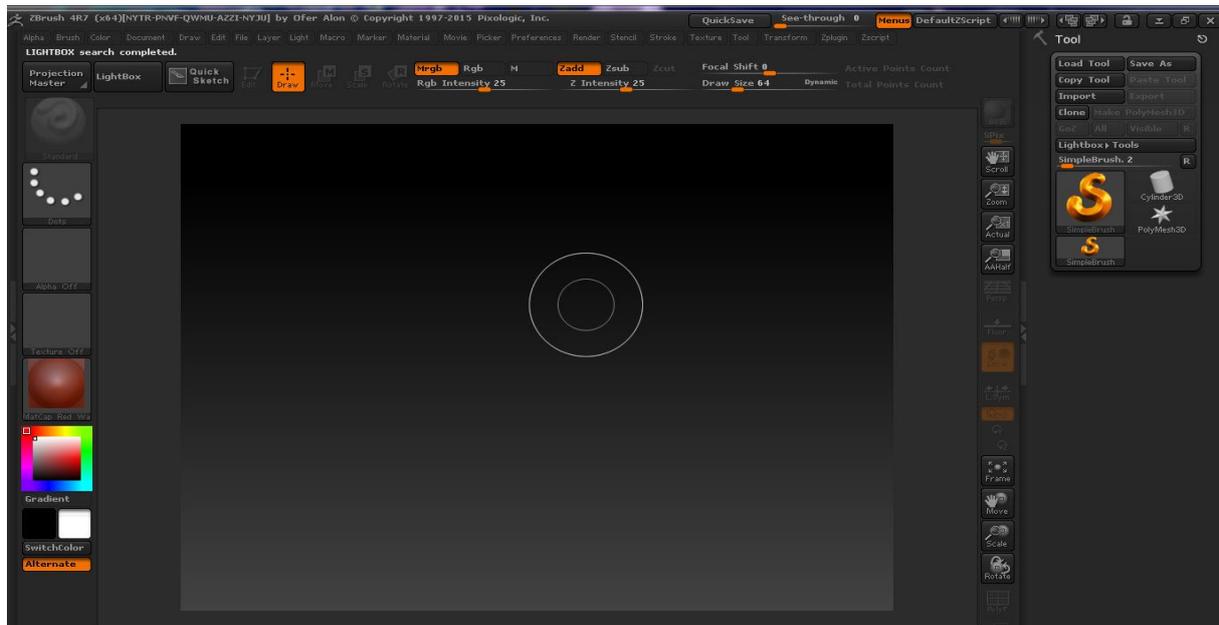


Figure 1.25 Interface de ZBrush

V.4. Choix d'un logiciel

L'une des questions les plus fréquemment posées est " Quel logiciel choisir pour notre application ?" Tout d'abord, il est bon de savoir qu'on ne peut pas dire qu'un logiciel donné est le meilleur car chaque logiciel a son domaine privilégié d'application , sa spécialité...

Dans cette bref étude comparative, nous allons nous focaliser sur les logiciels les plus largement utilisés, Autodesk Maya, Autodesk 3ds Max, et ceci du point de vue système d'exploitation, modélisation et animation [17].

- **Système d'exploitation**

Le principal facteur de choix entre les deux logiciels n'a effectivement rien à voir avec le jeu d'outils de l'application, mais dépend du système d'exploitation. Maya est disponible pour les plates-formes Windows, Linux et OSX. 3ds Max en revanche, est uniquement disponible pour les systèmes d'exploitation Windows.

- **Modélisation**

Quand il s'agit de modélisation, 3ds Max possède un ensemble d'outils de modélisation robuste particulièrement pour la modélisation architecturale comme les intérieurs et les bâtiments ; il donne la possibilité de Design (un programme favori parmi les architectes et les designers). Il faut cependant noter que Maya a récemment amélioré ces outils.

- **Animation**

Pour la plupart des concepteurs, Maya a été connu pour être une application beaucoup plus puissante quand il s'agit de l'animation, avec une vaste bibliothèque d'outils d'animation.

Chapitre 01 : modélisation 3d

Il est également très personnalisable à condition de connaître les langages script MEL ou Python. Par exemple, « Blue Sky » Studios utilise Maya pour toutes leurs tâches d'animation.

En ce qui concerne la facilité d'utilisation et la quantité d'outils disponibles, Maya est le plus fort par rapport aux autres logiciels.

- **Le choix**

Finalement le choix du logiciel dépend de l'environnement sur lequel on développe le model (Mac Windows...) du type d'application (architectural, ...) et des outils dont on a besoin (effets spéciaux...).

Mais on peut dire que globalement et sans tenir compte du coût, nous préférerons :

- 3dsmax pour les jeux vidéo et architecture
- Maya pour le cinéma et effets spéciaux

VI. Logiciels pour la modélisation organique

VI.1. Introduction

Créer des personnages détaillés demande des outils plus spécifiques que les logiciels 3D classiques. Si vous voulez créer des monstres détaillés, comme dans *Le Seigneur des Anneaux*, ou des personnages ultra réalistes jusqu'à leurs rides, les logiciels 3D classiques ne suffiront pas ! Un outil spécifique va alors s'imposer : un logiciel de modélisation organique tel que ZBrush.

En effet, les meilleurs logiciels 3D de la planète (3ds Max, Maya, Softimage, Cinema 4D) sont incapables de faire de la modélisation 3D en haute définition tout simplement, parce que ces logiciels n'ont pas une structure qui leur permette de gérer les millions de polygones nécessaires, ni les outils très spécifiques requis par ce type de réalisation, à savoir la peinture de fines géométries.

ZBrush et les autres logiciels de sa catégorie (modélisation organique) se distinguent par des capacités spécifiques :

- a. Des outils dédiés à la modélisation par sculpture de polygones (notamment les brosses de peinture de géométrie)
- b. Une architecture logicielle orientée exclusivement vers la prise en compte de l'affichage de maillages polygonaux géants (milliers, voire millions de polygones), ce qui n'est pas le cas de Maya, 3ds Max, etc. (malgré leurs efforts en ce sens ces dernières années)...
- c. Des fonctionnalités de traitement et d'export et d'import très efficaces.

Le ZBrush de Pixologic est le meilleur logiciel de modélisation organique. C'est lui qui a montré la voie aux autres. Et il a souvent une longueur d'avance sur ses concurrents, comme

Chapitre 01 : modélisation 3d

avec l'usage des **Zspheres** qui restent inégalées pour faire de la modélisation organique intuitive à partir de peaux tendues sur des groupes de sphères.

Citons également le **Fibermesh**, un outil supplémentaire pour peindre poils et cheveux en tous genres. Bénéficiant de la technologie des brosses Zbrush [18]. (figure 1.26).



Figure 1.26 FiberMesh de ZBrush

Le principal concurrent de **zbrush** est **Mudbox**, appartenant à la grande famille Autodesk, et sorti des développeurs de Weta Digital sur le Seigneur des Anneaux (c'est lui qui a servi à faire tous les monstres de la trilogie).

La dernière version Mudbox 2013 intègre désormais la technologie Gigatexel, qui permet de gérer des textures en très haute définition pour les outils de peinture du logiciel. Une amélioration tout à fait bienvenue pour la gestion des polygones.

Mais il y en a d'autres. Citons notamment **3D-Coat**, moins connu mais qui a une bonne réputation chez les professionnels, **Artisan** qui est un plug-in pour Google Sketchup, et qui est sans doute l'un des plus simples à utiliser.

En plus, plusieurs outils gratuits sont disponibles : **Sculptris** également chez Pixologic, qui est une sorte de Zbrush léger.

Enfin, citons **Groboto**, un outil particulier qui ne ressemble à aucun autre et qui permet avec des méthodes procédurales intuitives la création d'objets 3D innovants et un design extraordinaire.

Chapitre 01 : modélisation 3d

VI.2. Autres fonctionnalités des logiciels organiques

Tous les logiciels organiques 3D que nous citons ici peuvent également servir à autre chose que de faire des monstres ou personnages haute définition. En effet, ils peuvent être utilisés pour des applications d'architecture très créative (par exemple pour faire des bâtiments complètement étonnants).

Bien entendu, le design produit peut également être friand de ce type d'outils, même si en général, les résultats produits seront trop souvent trop complexes pour ce type d'applications. On peut notamment créer des bijoux, des jouets, des figurines (destinées à l'impression 3D par exemple), etc.

D'autres métiers (comme la dentisterie 3D par exemple), peuvent tirer un grand profit des logiciels organiques.

Et évidemment, l'organique ne se limite pas aux êtres vivants : les végétations luxuriantes, les décors fantastiques, des éléments naturellement artificiels, peuvent tous être créés de manière très intuitive et créative avec ce type de logiciels [18].

VII. CONCLUSION

Au cours de ce premier chapitre, nous avons défini la modélisation 3D et le lexique du monde 3D. Ensuite nous avons cité diverses applications dans le domaine des jeux, du cinéma, de la recherche de la médecine... Nous avons par la suite présenté brièvement une liste de logiciels de modélisation 3D et pour conclure nous avons donné les critères de choix d'un logiciel lors de la réalisation d'un projet et ceci en fonction du type de projet (architectural ou autre) et des outils principalement utilisés (modélisation/animation).

Enfin nous avons introduit le concept de modélisation organique dont le leader est ZBRUSH. Nous en concluons que pour notre application le meilleur logiciel de modélisation est ZBRUSH et le meilleur logiciel d'animation est Maya. Nous leurs consacrerons deux chapitres indépendants de manière à bien étudier leurs fonctionnalités et les exploiter correctement.

Chapitre 02 : ZBRUSH

Chapitre 02 ZBRUSH

I. Introduction

Comme nous l'avons dit précédemment ZBrush est à l'heure actuelle le logiciel de sculpture le plus avancé et le plus utilisé dans différents domaines surtout dans la modélisation organique donc dans cette partie nous proposons un tutorial d'initiation à ZBrush pour explorer son interface utilisateur et comprendre ses principaux concepts.

II. Présentation de l'interface de zbrush

L'interface principale de ZBrush (UI) est composée de plusieurs éléments [19], comme le montre la figure 2.1.

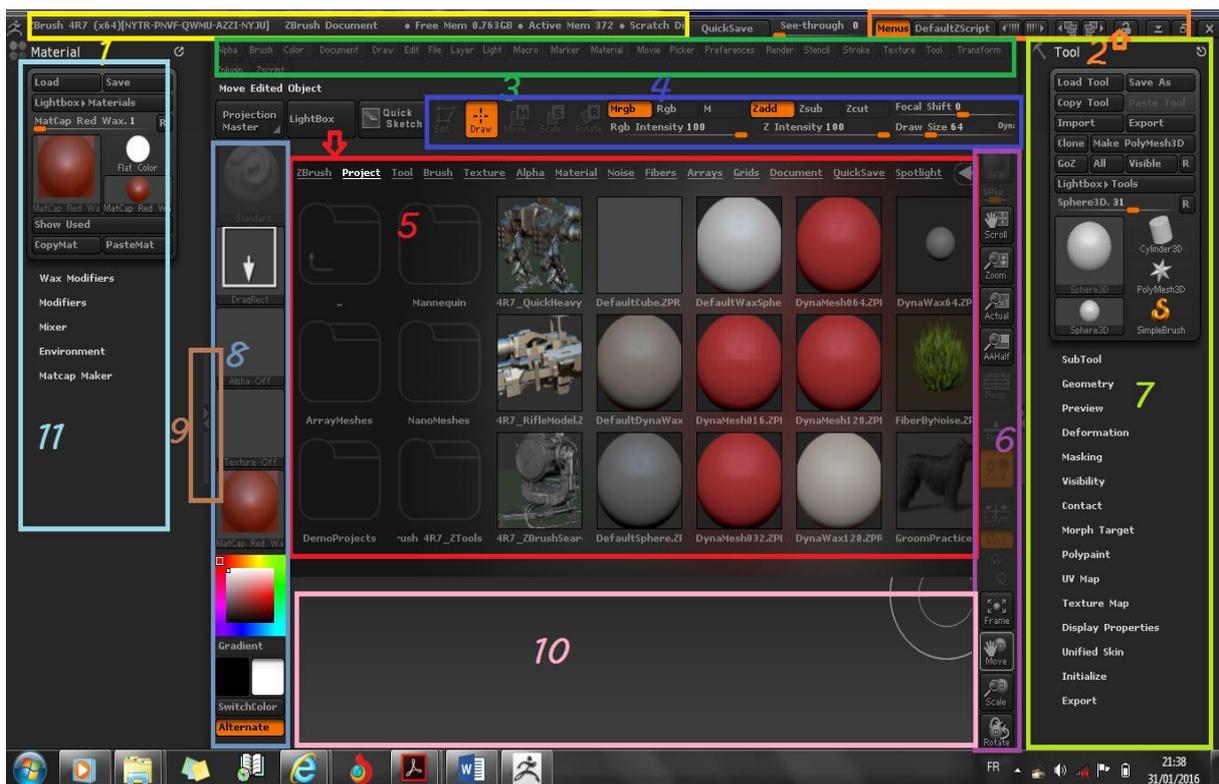


Figure 2.1 Interface graphique de ZBRUSH

Dans cette figure les différents modules sont encadrés et numérotés :

1 : La barre de titre



Chapitre 02 : ZBRUSH

Elle se trouve tout en haut à gauche de la fenêtre de ZBrush et contient le numéro de version ZBrush et les infos d'utilisation de la mémoire (la quantité de mémoire utilisée et libre).



2 : Barre de contrôle

Situé en haut à droite pour permet une meilleure visibilité de l'interface, les couleurs et la configuration de thème d'interface, également des icônes pour le redimensionnement et la fermeture de la fenêtre de ZBrush.

3 : La barre des palettes

Les palettes sont de taille variées, sont détachables, se fixent sur les côtes de l'interface et peuvent apparaitre près du curseur, contiennent beaucoup de paramètres permettant de régler la couleur la texture, modifier, enregistrer,....

4 : Paramètres de la *brush*

On y trouve les principaux raccourcis de réglage de brosses : le mode édition, mouvement, échelle rotation et les modes ZAdd et ZSub (la taille et la dureté de la brosse), Focal Shift (zone application dégradée), Z intensity (intensité sur l'axe Z).

5 : La fenêtre de Light Box

C'est la bibliothèque d'accès aux utilitaires divers comme les Zprojets enregistré, ZBrush, tool, spotlight...

La fenêtre Quick Sketch permet de dessiner des objets en 2D.

6 : Le plateau droit montre les commandes pour la manipulation d'un modèle 3D ou le Canvas (écran de travail) avec les outils : Zoom, Rotate, Move, transparent ...

7 : est obtenu lorsqu'on glisse une palette sur le plateau.

8 : Ce plateau contient les principaux raccourcis pour la sculpture et la peinture des éléments (brosse de sculpture, Alphas (type de tracé), Strokes (forme de curseur sur la toile), texture, les matériaux, la couleur ...)

9 : Les barres de rangements sur les côtes où seront placés les raccourcis de palettes.

10 : Le Canvas Zbrush (espace de travail) : cet écran est mesuré en **pixels**, la toile peut contenir des éléments 2D, 2.5D, 3D

11 : Sous-palette, contenant différentes actions, les options et les paramètres pour gérer le flux de travail (remarque : certain paramètre peuvent apparaitre ou disparaître en fonction de la sélection actuelle, comme le Tool adaptative skine est présent quand une Zsphere est sélectionnée)

Chapitre 02 : ZBRUSH

III. Le pixol

Dans les images 2D, la composante fondamentale est un pixel "picture element". Les pixels contiennent les informations de position sur le plan 2D (coordonnées x et y) et de couleur (rouge, vert et bleu ou niveau de gris).

ZBrush, initialement dédié à la 2.D (entre 2D et 3D) fait une extension du pixel en ajoutant d'autres informations comme la profondeur (ZDepth), l'orientation, la lumière le matériau (exp : texture...). En somme le pixol est un pixel intelligent qui permet de gérer la dimension 2.5.

Les pixols n'existent que sur la toile de ZBrush dès l'enregistrez d'un document avec l'extention ZBR. De même, en rechargeant un fichier ZBR toutes les informations de profondeur, d'orientation et de matériel seront récupérées. Toutefois, si nous exportons le document en utilisant le bouton *Document > Exporter*, la toile va être aplatie et seulement une image standard de pixels est enregistrée. Nous pouvons exporter la toile de cette manière pour plusieurs formats populaires d'image lus par d'autres logiciels [20].

Fonctionnement d'une image 2D et d'une image 2.5 D

Le fonctionnement d'une image par ordinateur est très simple, on a une grille invisible dans laquelle chaque case affiche une couleur. Chaque case s'appelle pixel, leur quantité représente la résolution [21].

La 2.5 D de ZBrush est gérée par des pixols, technologie propriétaire avec brush qui signifie pinceau et Z qui représente la profondeur. C'est un concept similaire à celui de la peinture (figure 2.2).

Les pixols gèrent :

- la profondeur ;
- la couleur ;
- la matière ;
- la lumière.

Comme avec le pixel, on a toujours le critère de la résolution d'image. Dans ZBrush on parlera plutôt de résolution du document, car la scène peut accueillir des dessins 2.5D et des polygones 3D. En effet, ZBRUSH a également les fonctionnalités de la 3D

Chapitre 02 : ZBRUSH

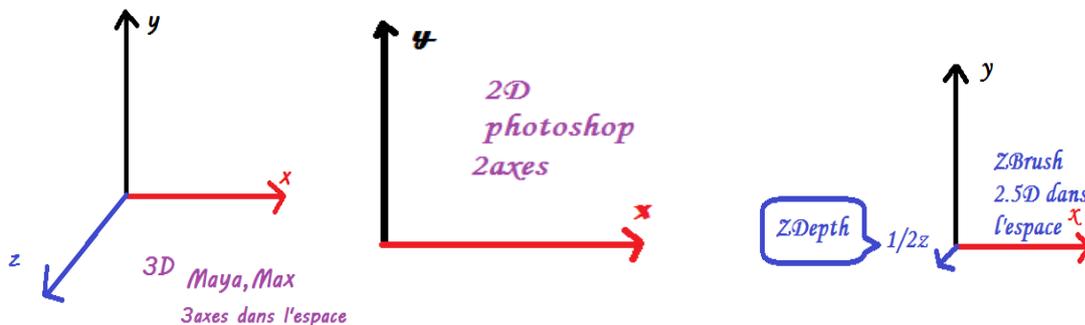
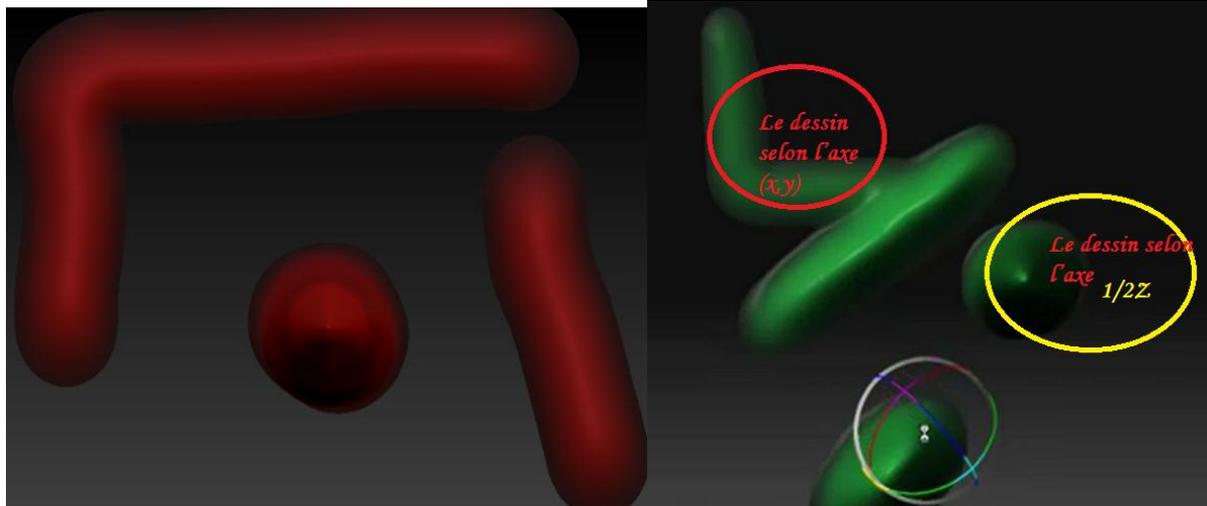


Figure 2.2 Les dimensions du pixol (2d, 2.5d et 3d) sous zbrush et comparaison avec d'autres logiciels de dessin

Remarque

Comme nous avons dit auparavant, ZBrush et un programme de 2.5 D qui combine la 2D (dessin sur 2 axes dans l'espace) et la 3D. Pour accéder à la 3D on doit passer par le choix de **Ztools**, un élément qui peut être utilisé pour créer une illustration et considéré comme une primitive qu'on peut transformer (sculpter) en modèle 3D en activant le **mode Edit** et en cliquant sur **Polymesh**.

IV. Premiers pas avec zbrush

Contrairement au dessin 2D ou 2.5D, en 3D il faut partir d'une forme de base pour tout projet. On ne peut y faire autrement, car on ne fait que déformer de la matière et travailler sa forme et volume. Cette règle s'applique en modélisation polygonale et en sculpture. ZBrush présente l'avantage de pouvoir commencer sur une forme simpliste : cube, sphère, cylindre ou bien grâce à ses outils innovants de générer la base d'une forme organique ou mécanique qui ne demande plus qu'à y sculpter les détails.

Les meshes 3D sont en quelque sorte les polygones basiques qui comprennent aussi les bases meshes (forme basique d'un personnage ou créature généralement). Ils ont chacun

Chapitre 02 : ZBRUSH

des paramètres d'édition rapide permettant de modifier leur forme dans leur globalité. Dans tous les cas, ils ne sont pas sculptables jusqu'à ce qu'ils soient convertis en PolyMesh 3D [22].

IV.1. La LightBox

C'est un menu présent au-dessus de la scène. En pratique il permet d'accéder à des ressources supplémentaires comme des bases de personnages et créatures, des brushes aux fonctionnalités bien spécifiques regroupées par catégorie.

L'utilisation d'une ressource se fait par un simple double clic. Pour faire défiler les ressources, cliquez et maintenez enfoncé le bouton de la souris en pointant une ressource de la lightbox et déplacez le curseur vers la gauche ou la droite (figure 2.3).

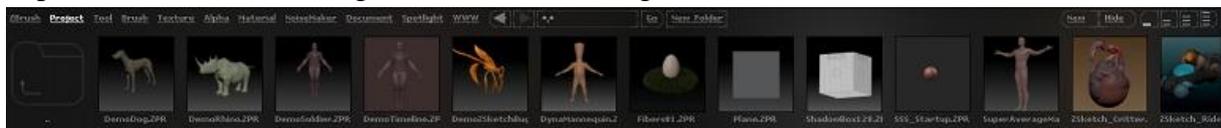


Figure 2.3 La LightBox

IV.2. La palette Tool

Permet la sélection d'un *Tool*. Néanmoins, pour commencer un projet on utilise la majorité du temps par la palette Tool (outil) présente dans le rail de droite. Cliquez sur le carré Tool (grand S orange) qui indique que l'outil « Simple Brush » est sélectionné et qui permet de dessiner en pixols (figure 2.4).



Figure 2.4 Palette Tool

La liste des polygones basiques apparaît dans le tableau « 3D Meshes ». Il contient un mesh particulier intitulé **ZSphere**. Ce dernier permet de générer une base mesh, c'est le tool le plus utilisé en début de projet.

Une fois qu'on a choisi quel 3D mesh créer, nous le plaçons dans la scène via un clic gauche dans celle-ci, ensuite on peut choisir sa taille en maintenant le bouton enfoncé. Au départ le mesh apparaît sous forme de pixols, donc en 2.5D. Pour l'avoir sous forme 3D, il faut cliquer sur le gros bouton carré *Edit* au-dessus de la scène.

Quand le mode Edit est activé, lorsqu'on clique dans la scène on ne place plus de pixols, mais on tourne autour du mesh 3D. Les pixols précédemment racés restent toujours en arrière-plan, il faut alors nettoyer le fond avec le raccourci **Ctrl + n**.

Chapitre 02 : ZBRUSH

Le mesh 3D revient en état de pixels si on désactive le mode Edit, ce qui peut servir à conserver une vue en pixels en tant que référence d'un concept ou autre pour ensuite continuer à sculpter et finaliser le modèle sur un mesh 3D.

IV.3. Enregistrer, exporter ou importer un mesh

Pour sauvegarder une sculpture en cours, il faut aller tout en haut de la palette Tool et cliquer sur « Save As », ce qui va sauvegarder le Tool au format « .ZTL » («ZTool»). Pour le charger, aller sur « Load Tool ». Le format « .ZTL » est spécifique à ZBrush, aucun autre logiciel de 3D ne peut l'ouvrir. Si on souhaite récupérer nos sculptures et base meshes dans un logiciel comme Blender ou Maya il faut les exporter en cliquant sur *Export* et en choisissant le format « .OBJ » ; De même, pour ouvrir un « .OBJ » il faut utiliser la fonction *Import* (figure 2.5).



Figure 2.5 Menu d'E/S de Mesh

IV.4. Connecter ZBrush à un autre logiciel de 3D avec GoZ (GoZBrush)

La fonction GoZ permet de connecter ZBrush à un autre logiciel de 3D. Chaque fois qu'on cliquera sur le bouton GoZ la modélisation est exportée vers le logiciel connecté qui le lui importera automatiquement. L'inverse est également possible, le logiciel connecté pourra exporter avec le bouton GoZ. Cette fonctionnalité est disponible pour Cinema4D, 3ds Max, Maya, Modo, Photoshop, Lightwave, DAZ|Studio, Carrara et bientôt Softimage (Blender n'est pas supporté).

Pour activer GoZ, toujours dans la palette Tool, cliquer sur *R* à droite du bouton appelé *Visible*. ZBrush demande si les logiciels de 3D qu'il cite sont installés ou non. On peut activer GoZ pour plusieurs logiciels à la fois. Si le logiciel n'est pas installé, cliquez sur « Not Installed ! »[23], (figure 2.6).



Figure 2.6 GoZ

IV.5. Les SubTools (sous-objets)

Nous sommes passés par la palette *Tool* pour accéder aux éléments que nous pouvons ajouter dans la scène, par exemple. Réunis, les tools forment un tout. Nous ne pouvons éditer qu'un seul SubTool à la fois, c'est-à-dire sculpter sur une seule partie de notre création. Les deux fonctions principales sont *Append*, qui sert à ajouter un nouveau SubTool, et *Delete* pour supprimer le SubTool. En cliquant sur *Append* nous accédons à un menu très similaire à celui

Chapitre 02 : ZBRUSH

de Tool, sauf que le 3D mesh importé sera directement converti en polymesh sculptable et visible dans la liste des SubTools.

A chaque redémarrage de ZBrush les tools créés ne seront plus visibles, il faut penser à les sauvegarder si vous les sculptez à part.

Pour travailler sur un SubTool celui-ci doit être actif ; il faut qu'il soit sélectionné dans la palette SubTool. Un SubTool sélectionné est encadré en noir. On peut le sélectionner directement dans la scène ou le trouver dans le menu (plus délicat s'il y en a plusieurs centaines). Prenons l'exemple d'un personnage avec un SubTool pour chacune de ses dents Il suffit de pointer le curseur sur la dent à sélectionner puis à presser le raccourci **Alt** + **clik gauche**.

On peut renommer un SubTool en cliquant dessus puis en cliquant plus bas sur le bouton Rename. C'est très utile, pour l'exportation (pas de SubTools avec le même nom). On peut dupliquer les SubTools avec l'option Duplicate qui copie celui en cours d'édition. C'est à partir de là qu'on gagne du temps pour la suite (figure 2.7).



Figure 2.7 Les SubTools (sous-objets)

IV.6. Positionner les meshes avec TransPose

Move (déplacement), **Scale** (échelle) et **Rotate** (rotation), ce sont les trois termes les plus utilisés lorsqu'on veut positionner notre objet. Il n'y a qu'un seul outil dans ZBrush et il ne change pas de forme Il se nomme TransPose [24].

Avec un clic gauche sur le mesh puis en déplaçant le curseur on trace une ligne, cette ligne est l'outil TransPose (figure 2.8). Elle contient trois cercles, deux aux extrémités de la ligne et

Chapitre 02 : ZBRUSH

un au centre. Pour l'instant, ça ne ressemble à rien surtout que si on passe en mode Scale ou rotate : on a toujours ces trois cercles.

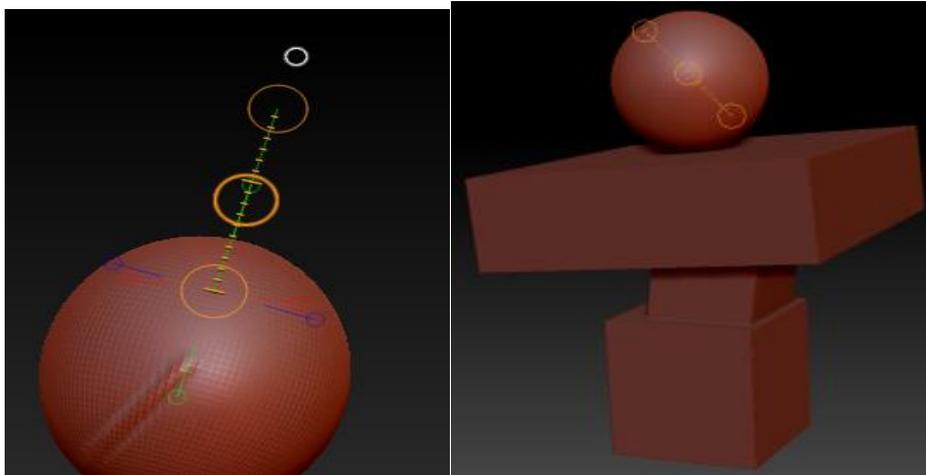


Figure 2.8 L'outil TransPose

*Move (déplacement)

En mode Move, seul le cercle du milieu sert. En cliquant sur ce cercle en gardant le bouton enfoncé tout en déplaçant le curseur, le polymesh suivra nos déplacements. Pour se déplacer dans une direction bien précise, dans la direction de la ligne TransPose, il faut maintenant maintenir **Shift** en déplaçant le polymesh.

*Scale (mise à l'échelle)

Pour le scale (touche **E**) on va utiliser les cercles aux extrémités de TranPose. Si on étire la ligne, on agrandit l'échelle du polymesh et dans le cas contraire on la réduit. Avec le cercle du milieu, on élargit ou écrase le mesh dans le sens perpendiculaire à la ligne TransPose.

*Rotate (pour l'orientation)

Enfin la troisième et dernière opération, la rotation, est accessible avec le raccourci **R** permet d'orienter le polymesh. En déplaçant le cercle à une extrémité de la ligne TransPose

IV.7. Base mesh organique avec les ZSpheres

A Partir d'un mesh basique de type cube, cylindre, sphère ou autre il n'est pas toujours évident de réaliser un personnage. ZBrush permet de réaliser des base meshes facilement et de multiples façons [25].

Les ZSpheres (palette Tool) permettent de créer une armature de base pour ensuite la sculpter. Ce sont des sphères reliées entre elles que l'on crée et place. Une simple touche permettra de générer un mesh à partir d'elles, qu'on pourra alors convertir en polymesh pour sculpter notre créature. On peut enfin, ajouter des détails et des couleurs. La figure 2.9 illustre l'exemple d'un personnage obtenu avec les ZSpheres.

Chapitre 02 : ZBRUSH

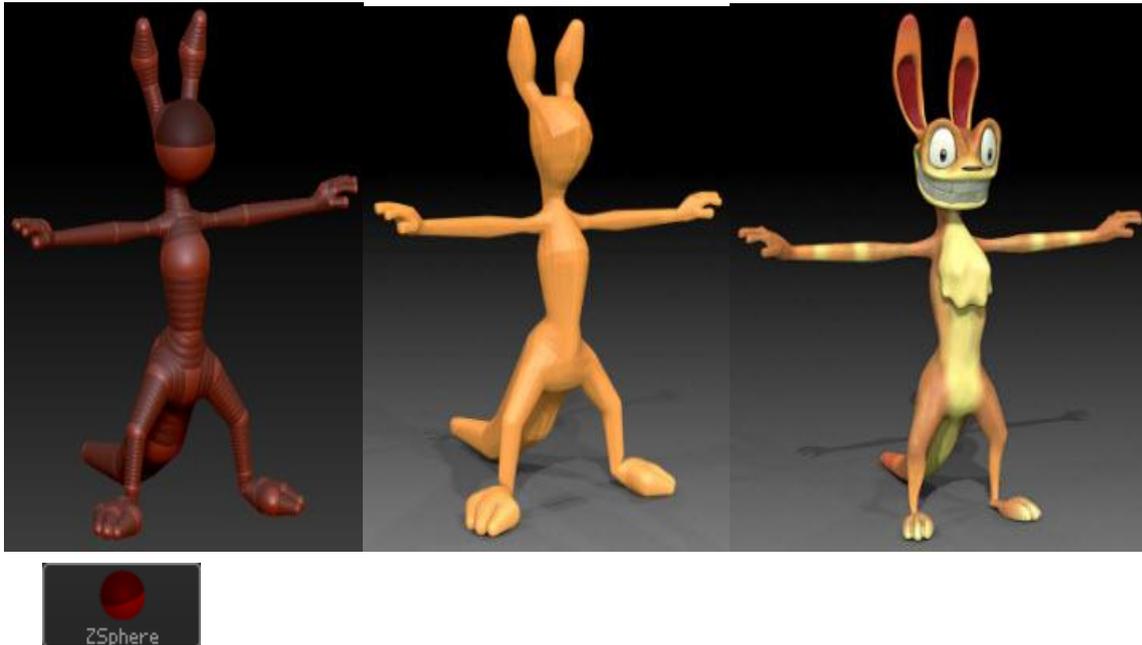


Figure 2.9 Création d'une base meshes à partir de ZSphere

Fonctionnement

On sélectionne ZSphere dans la palette Tool pour ensuite le placer dans la scène avec un clic gauche. À partir du moment où on entre en mode édition (touche **E**), nous pourrions connecter de nouvelles ZSpheres à celle mise en place.

Parfois on veut sculpter sur les 2 côtés de sphère alors on active la symétrie avec la touche **X** ou à travers la touche Transform, qui se trouve au niveau de la barre de palette (figure 2.10).

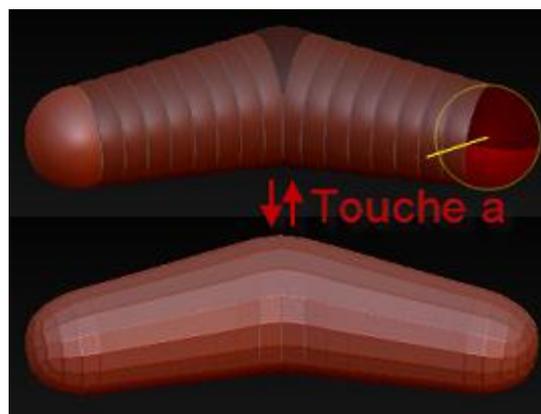


Figure 2.10 Zsphères et symétrie

Si on déplace la souris on peut modifier la taille de la nouvelle ZSphere, l'autre par symétrie réagira de la même manière. Ensuite, avec le Move Tool, il est alors possible de gérer leur éloignement (figure 2.11). Si on presse la touche **A** les ZSpheres se transforment en

Chapitre 02 : ZBRUSH

un mesh 3D. Comme nous avons toujours un mesh, en ré appuyant sur **[a]**, on peut rééditer les ZSpheres. De cette manière, on peut pré visualiser le résultat.

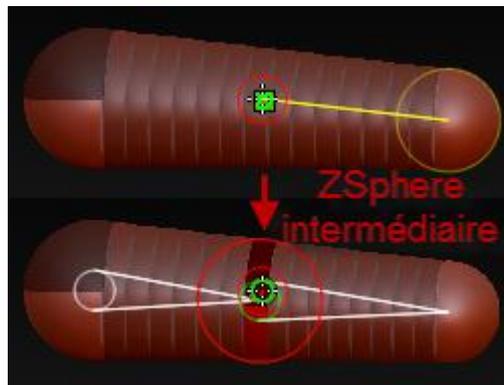


Figure 2.11 Zsphères et séparation des objets symétriques

Il arrive que la ZSphere soit énorme à sa création, il suffit d'appliquer une mise à l'échelle (scale).

Pour supprimer des ZSphères, il faut être en mode Draw et appuyer **[Alt]** + **[clic gauche]** sur celle concernée, l'autre en symétrie se supprimera également. On peut supprimer une ZSphere placée entre deux

Astuce : pour créer une nouvelle ZSphere de la même taille qu'une autre sans placer de ZSphere entre deux (notamment au tout début quand n'on a qu'une), commencer par tracer une ZSphere sur une existante puis toujours en gardant le bouton enfoncé pour le réglage de la taille appuyer sur **[Shift]**, la nouvelle prendra la taille de celle sur laquelle elle est liée.

IV.8. Dessiner un concept rapide avec Quick Sketch ou PaintStop

Avant de se lancer dans la création d'une base mesh, il faut parfois élaborer un concept ou encore dessiner un modèle ou une silhouette à suivre. Cette image de référence s'appelle en anglais Blueprint.

Il n'est pas obligatoire de commencer par du dessin, le concept peut être obtenu directement avec les ZSpheres et ensuite la sculpture. Mais une personne qui n'a pas d'expérience en dessin il est préférable en dessinez au moins les contours.

Il y a deux façons de dessiner dans ZBrush : sur un plan avec des outils spéciaux simulant des pinceaux et par un plug-in entièrement dédié [26].

IV.8. 1. Dessiner une silhouette rapide avec QuickSketch

La première technique de dessin sur un plan peut se faire directement en cliquant au-dessus sur le bouton **QuickSketch**. Le fond de la scène deviendra blanc. En fait, cela chargera un polymesh d'un plan blanc avec un outil de dessin appelé Pen_Shadow.

Pour quitter QuickSketch, il faut enlever le mode d'édition (touche **[t]**), on aura alors des pixols, qu'il suffit d'effacer avec **[Ctrl]** + **[n]** (figure 2.12).

Chapitre 02 : ZBRUSH

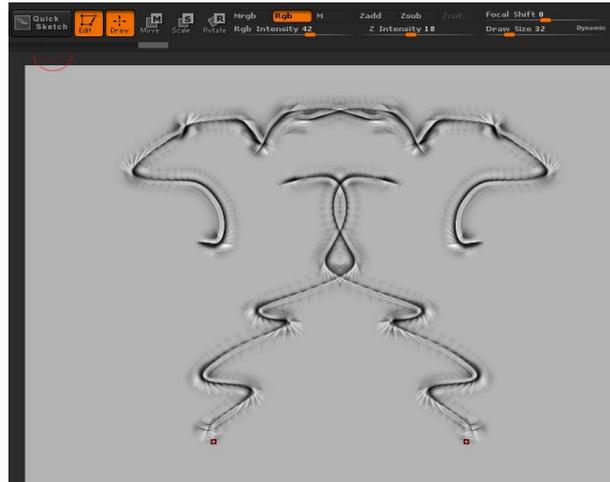


Figure 2.12 Interface de QuickSketch

IV.8. 2. PaintStop

ZBrush est doté d'un plug-in très puissant permettant de le transformer en véritable logiciel de dessin très complet permettant même de réaliser illustrations et artworks (figure 2.13).

Il est situé dans Document -> PaintStop. En exécutant cette commande l'interface sera chargée (on peut cacher la LightBox (touche `L`) pour qu'elle ne gêne pas l'affichage).

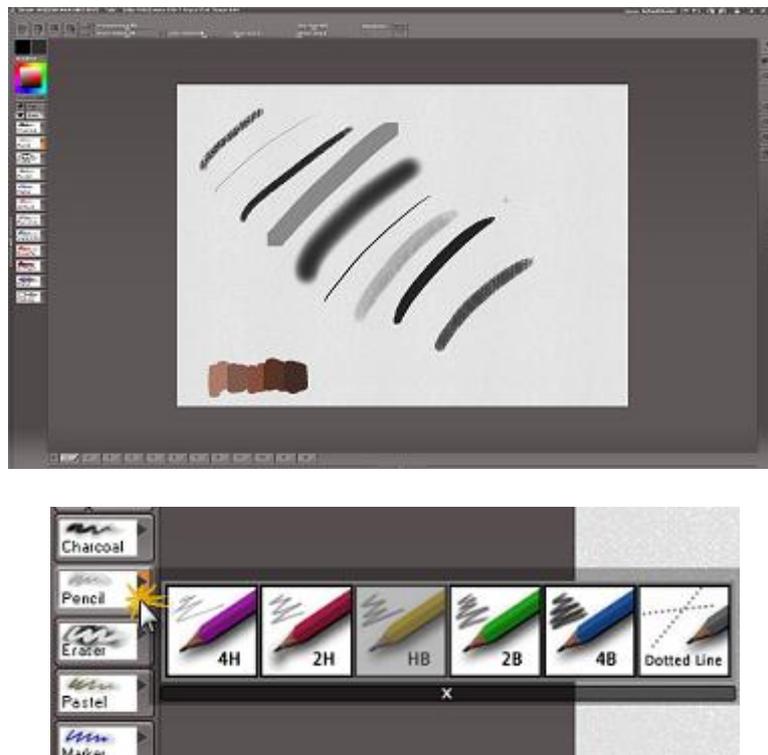


Figure 2.13 Interface de paintStop

Chapitre 02 : ZBRUSH

Sa disposition est similaire à l'interface de base de ZBrush : on trouve en haut les paramètres du document comme la sauvegarde, des *brushes* dont le *Draw Size* pour changer la taille de la *brush*. À gauche, la couleur et le type d'outil de dessin. À droite les options de zoom ou le bouton Exit pour revenir à l'interface dédiée à la sculpture.

Les options à gauche, sont en fait des catégories. **Pencil** regroupe différents types de crayons, **Erase** pour la gomme ou du blanc, **Watercolor** sont les pinceaux avec de la peinture et beaucoup d'eau (on s'en sert le plus souvent pour colorer rapidement sans effacer les tracés pour conserver les contours). En cliquant sur la flèche près de la catégorie, on a différents types d'outils. Celui sélectionné pour chaque catégorie est grisé. Par défaut, dans *Pencil* c'est le crayon HB, celui qu'on utilise pour écrire ou faire des brouillons. Les tracés ne sont pas trop marqués et se gomment facilement. Pour refermer le menu, sélectionner un outil ou cliquer sur la croix en dessous.

Enfin pour sauvegarder, cliquez sur File (Fichier), à gauche des paramètres de la brush, puis Save (sauvegarder). On enregistrera un fichier **.zpp**, un format spécifique à PaintStop. Pour enregistrer en **.jpg** ou autre, faire un File -> Export Image [27].

Pour utiliser Polypaint sur notre modèle il faut :

- Qu'il y ait suffisamment de polygones pour soutenir le détail que nous souhaitons peindre
- Allumez coloriser l'outil > Polypaint sous-palette
- Désactiver Zadd ou ZSub pour éviter de sculpter le modèle pendant la peinture
- Allumer RVB et régler l'intensité RVB à 100
- Choisir une couleur et la peinture.

Polypainting dégradé

Il est possible d'utiliser un dégradé de couleur quand on veut faire un *polypainting* d'un modèle. Ce gradient est un mélange de deux couleurs : la couleur principale est la couleur par défaut disponible dans le sélecteur de couleur, mélangé avec la couleur secondaire, activée lorsque nous appuyons sur le bouton dégradé (figure 2.14).

Chapitre 02 : ZBRUSH

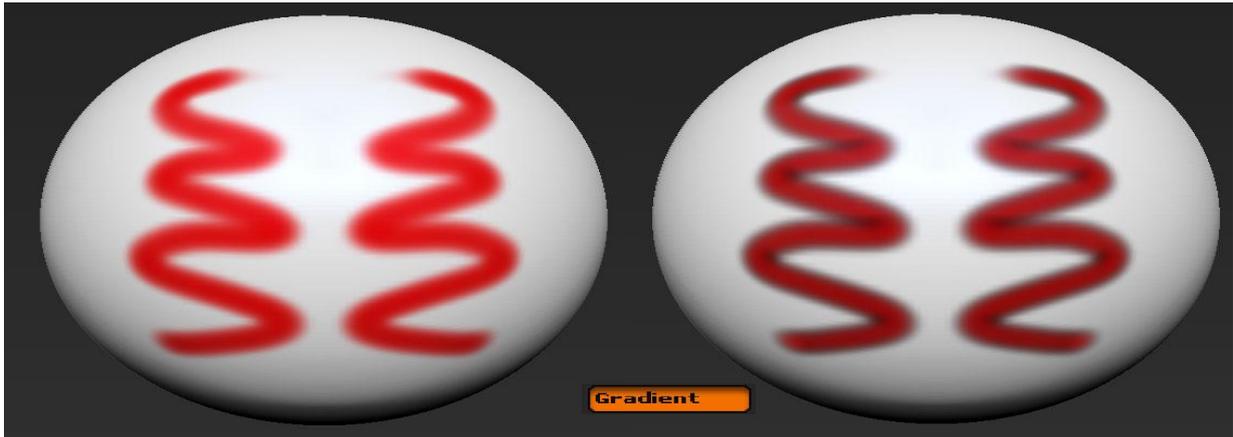


Figure 2.14 Polypainting

IV.9. Utiliser SpotLight pour avoir des images de références

- Choisir une image de référence

Spotlight est une fonctionnalité surtout destinée à texturer les modèles 3D en chargeant une image (blueprint) visible dans la scène via laquelle nous pourrions projeter les couleurs et/ou détails sur la sculpture. Une texture de peau, par exemple, permettra de peindre les personnages et tout de suite de les rendre beaucoup plus réalistes [28].

- Charger une image dans SpotLight

Nous allons voir comment charger une image dans SpotLight et la positionner et régler sa taille dans la scène.

- Cliquer sur le carré « Texture off » à gauche de l'interface (ou aller dans la palette Texturing en haut).
- Après le Clique, ZBrush propose quelques textures (la plupart sont générées par ordinateur), cliquez en dessous sur Import et chargez l'image, le menu se refermera.
- Rouvrir le menu et sélectionner l'image pour en faire la texture active, elle apparaîtra alors dans le carré.
- Charger la texture en cours dans SpotLight : Dans la palette Texture, en bas une icône « +/- » permet d'ajouter la texture en cours à SpotLight et *On/Off* pour l'activer.
- Garder enfoncé le clic sur l'image dans la scène pour la positionner.
- Cliquer sur le symbole représentant deux carrés (vers le haut du cercle) ; Gardez le clic enfoncé et faites le tourner, cela changera la taille de l'image.
- Dès qu'on relâche le clic, le cercle reviendra à sa rotation initiale. On peut ainsi mémoriser l'emplacement des paramètres. Le scale se trouvera toujours en haut.

La figure 2.15 illustre les différentes étapes citées ci-dessus.

Chapitre 02 : ZBRUSH

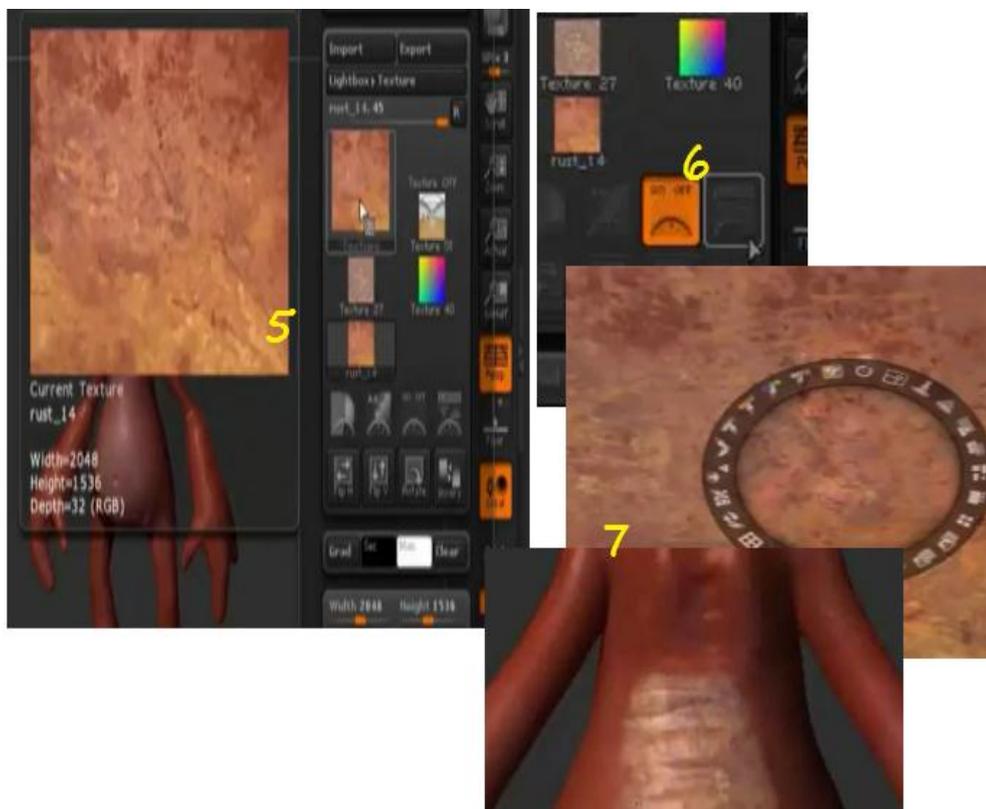
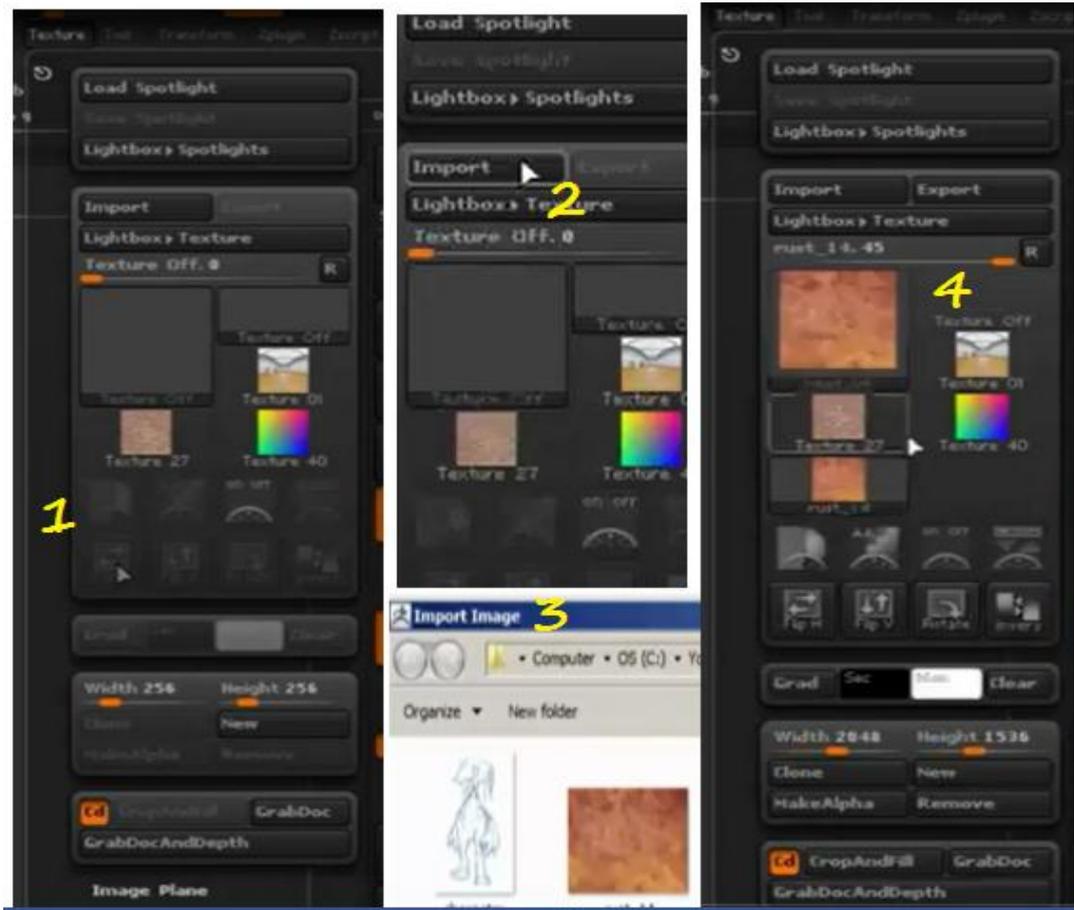


Figure 2.15 Fonctionnement de SpotLight

Chapitre 02 : ZBRUSH

En somme, le fonctionnement de SpotLight c'est principalement : le positionnement d'une image et l'utilisation des symboles pour effectuer des modifications. À chaque fois qu'on pointe la souris sur un symbole, son nom apparaît au centre du cercle. Tous les outils s'utilisent en faisant tourner le cercle. Les valeurs varieront en fonction de l'orientation.

Pour l'instant on ne peut que toucher à l'image, on ne peut rien faire dans la scène 3D. Il faut appuyer sur **Z** pour passer de la sculpture à l'image de SpotLight. Pour savoir lequel est actif, regarder si le cercle est visible ou non. S'il l'est, SpotLight est actif et inversement. On peut aussi mettre sur *On* ou *Off* Spotlight à tout moment (l'image restera chargée) dans la palette texture ou avec le raccourci **Shift** + **Z**. (**Z** pour passer du mode SpotLight à la scène ou l'inverse et **Shift** + **Z** pour activer ou désactiver Spotlight et rendre invisible l'image).

L'opacité ou taux de transparence se règle avec l'icône vers le haut droit du cercle. Cette fois-ci une portion de cercle orange montre le pourcentage de l'opacité. Si le cercle fait un tour complet, l'opacité est de 100 %, un demi-cercle représente une opacité de 50 %, etc. Une fois l'opacité réglée, il faut retourner dans la scène 3D avec le raccourci **Z**

IV.10. Les bases de la sculpture

La sculpture est la partie la plus intéressante et la plus consistante. Nous allons donc explorer l'outil qui permet cette opération à savoir : les brushes sculpture ou bien pincesaux [29].

ZBrush fourni plus de 30 pincesaux de démarrage qui nous aident pour sculpter et offre la possibilité de créer un assortiment sans fin de pincesaux personnalisé, ce qui rend la sculpture facile et précise. La vaste gamme de brosses créées avec les techniques de modelage de monde réel avec des millions de polygones de sculpture, donne la sensation naturelle que nous travaillons avec un véritable matériau comme l'argile, le bois ou la pierre.

IV.10. 1. Sélection d'une brush et réglages basiques

Les brushes de ZBrush (d'où le nom du logiciel) est l'outil de sculpture indispensable.

Certaines brushes étant plus adaptées pour certaines résolutions. Par exemple La move brush sera efficace pour tirer les faces quand il y en a peu, c'est ce qu'on appelle le travail en « Low Poly ». On pourra revoir la courbure du modèle, gonfler des zones ou encore rétrécir des parties avec plus de faces, en « High Poly »,

Pour sculpter et tracer avec la brush active, il suffit d'avoir un PolyMesh et cliquer dessus, comme si pour dessiner sur un papier.

Lorsque nous travaillons avec les ZSpheres, on peut activer ou désactiver la symétrie en sculpture avec la touche **X**.

Chapitre 02 : ZBRUSH

IV.10. 2. Des brushes de tous types

Il y a beaucoup de *brushes*, mais la majorité sont préfabriquées à partir de quelques-unes selon le type de tracé, les motifs, et certaines options.

À chaque nouvelle version de ZBrush, de nouvelles brushes font leurs apparitions dans le sélecteur (« Quick Pick » en anglais), d'autres sont déplacées dans la LightBox. Généralement les plus utilisées ne sont pas déplacées.

On n'a pas seulement des brushes pour tirer ou pousser, elles, existent aussi en nombreuses versions : bosses arrondies, dur avec angles droits, gonflé à la manière d'un ballon, etc.

On trouve aussi des brushes qui sculptent, mais de manière beaucoup plus plane comme le Clay Brush, qui crée un léger volume tout en aplatissant, ce qui est les rend adéquates à la modélisation de personnages (peau lisse). D'autres brushes vont gonfler ou creuser de façons très fines, afin de créer des rides, et d'autres détails spécifiques. Sans oublier les brushes de finitions. Il y a le *smooth* pour l'organique et le *hPolish* dédié à aplanir et créer des angles durs, pour donner un côté métallique ou même un style cartoon anguleux.

On trouve également des brushes qui ne permettent pas vraiment de sculpter. Certaines génèrent des surfaces à partir d'un tracé (polygones), ou encore d'autres servent à coiffer cheveux et poils.

IV.10. 3. Sélection rapide des brushes

Les brushes sont en haut à gauche de l'interface. Une brush est représentée par une sphère sur laquelle on voit l'impact de la *brush* sélectionné. L'interface présente la brush active qui est celle choisie par défaut [8], (figure 2.16).



Figures 2.16 Les brushes de ZBrush

Chapitre 02 : ZBRUSH

On trouve aussi beaucoup d'autres brushes dans la LightBox, celles absentes dans le Quick Pick

IV.10. 4. Utiliser et régler une brush

- Taille et intensité

Le seul réglage important est la taille de la brush qui impactera également sur son intensité. L'intensité, c'est la force que la brush applique sur la sculpture pour pousser ou tirer la matière. La taille aussi est dynamique et change selon la pression.

Quand on sculpte, on ne touche presque jamais à l'intensité, on la gère avec le stylet, par contre on change la taille en fonction des détails qu'on souhaite ajouter.

- Tirer ou pousser avec Zadd et Zsub

On a deux actions possibles : tirer ou pousser le volume gérable via les paramètres au-dessus, Zadd (ajouter) et Zsub (enlever).

Zadd est souvent actif par défaut, il va ajouter de la matière, du volume. Zsub va avoir l'effet inverse. Plutôt que de passer constamment par ces deux menus, on peut appuyer sur la touche **Alt** pour effectuer l'action inverse. La majorité des brushes sont configurées avec Zadd préactivé. Donc, **Alt** permettra le plus souvent de creuser lors des tracés. La figure 2.17 illustre l'application de Zadd et Zsub.

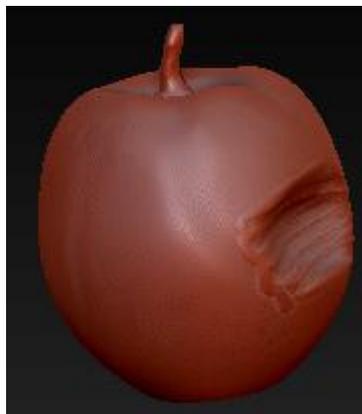


Figure 2.17 Application de Zadd et Zsub

IV.10. 5. Les principales brushes à retenir

Nous allons présenter les brushes les plus souvent utilisées, en fonction d'un type de détail ou du niveau de subdivision.

Chapitre 02 : ZBRUSH

La Move Brush

Pour régler la forme générale, on travaille le plus souvent en *low poly*, de cette manière, on évite de bosseler la sculpture. L'un des outils les plus utilisés en début de projet et qu'on utilise dans les logiciels de modélisation polygonale est l'outil Move.

Il faut faire particulièrement attention avec cet outil durant cette phase, aux étirements des faces provoqués par le déplacement de leurs sommets. Certains préféreront pour y pallier utiliser la *Move Elastic Brush*, bien qu'un peu moins précis par moment pour définir certaines formes. Rien ne vous empêche d'alterner entre les deux (figure 2.18).

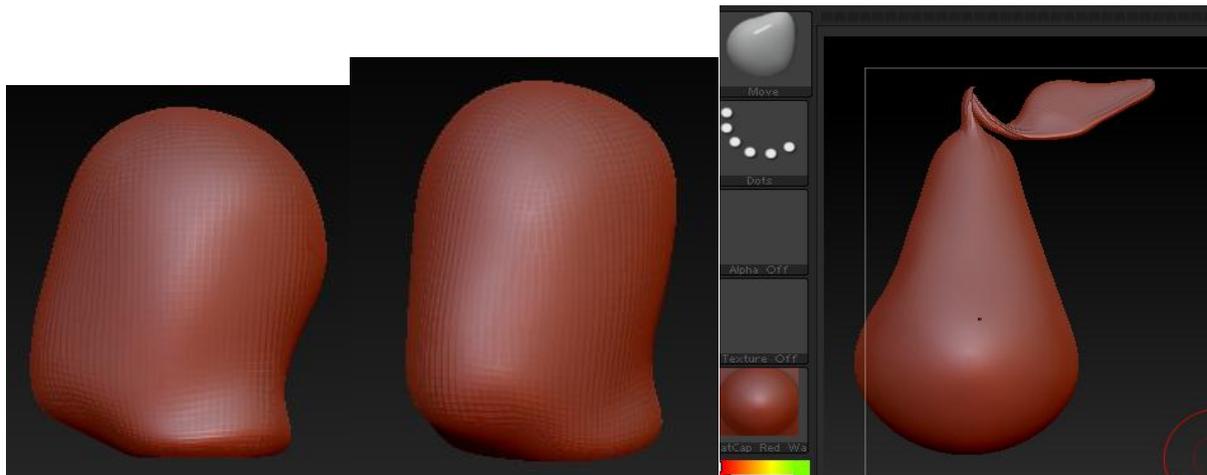


Figure 2.18 Move Brush

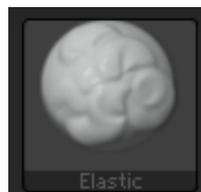
Standard Brush

(figure 2.19 et 2.20)



a.

Elastic Brush



b.

Displace Brush



c.

Figure 2.19 brushes : standard ; elastic et displace

Chapitre 02 : ZBRUSH

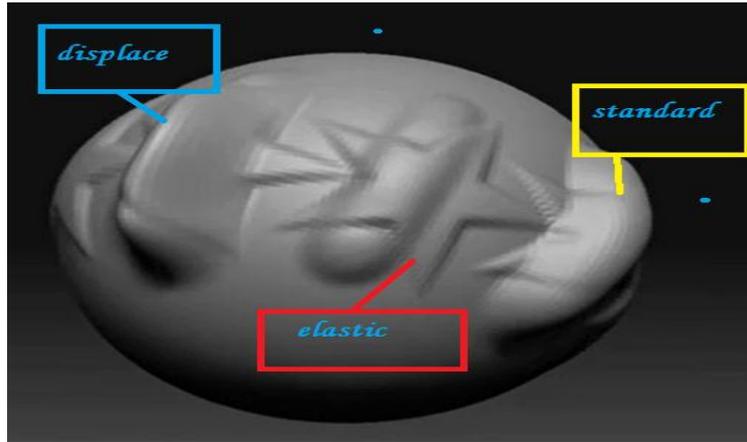


Figure 2.20 Effets des brushes standard, elastic et displace

Inflate brush (figure 2.21)

Remarque : lorsqu'on appuie sur la touche **ALT** on inverse la fonction de la brosse.



Figure 2.21 Inflat Brush

Pinch brush (figure 2.22)

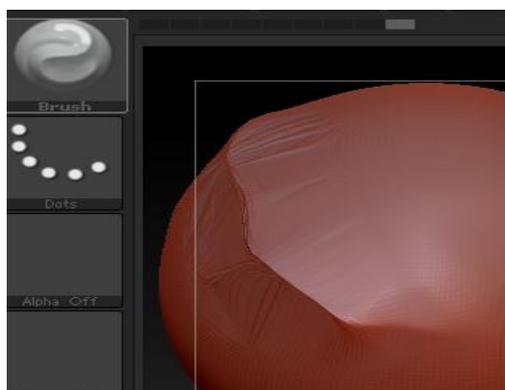


Figure 2.22 Pinch Brush

Chapitre 02 : ZBRUSH

smoth brush

L'une des brushes les plus connues est la Smooth ou adoucissement. Elle va comme son nom l'indique enlever les surfaces bosselées et les rendre plus lisses. Elle sert aussi à corriger des zones où les faces qui sont trop étirées en atténuant la déformation.

En pressant **[Shift]**, la brush active devient la **smooth**, la sphère change (figure 2.23).

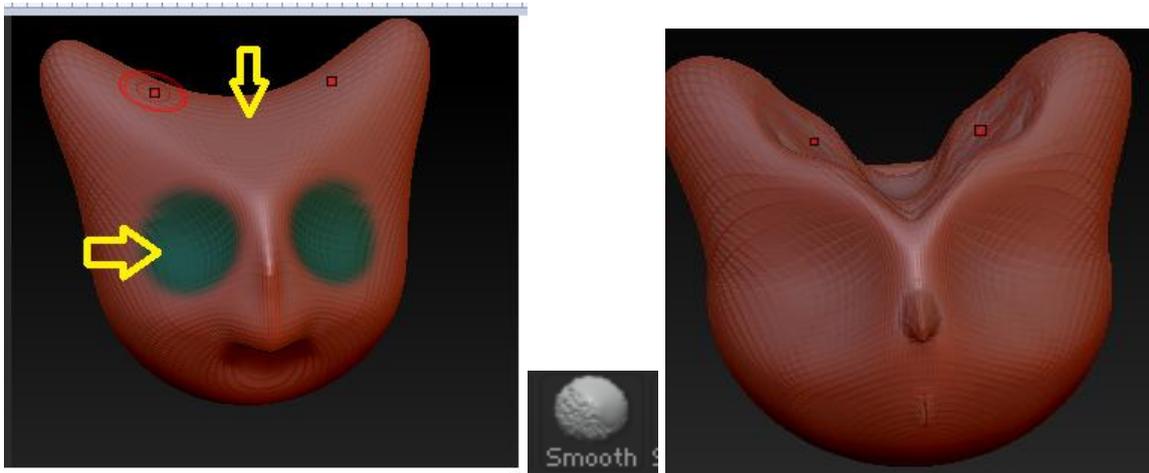


Figure 2.23 Smooth Brush

Layer brush (figure 2.24)



Figure 2.24 Layer Brush

Chapitre 02 : ZBRUSH

layeredpattern (figure 2.25)

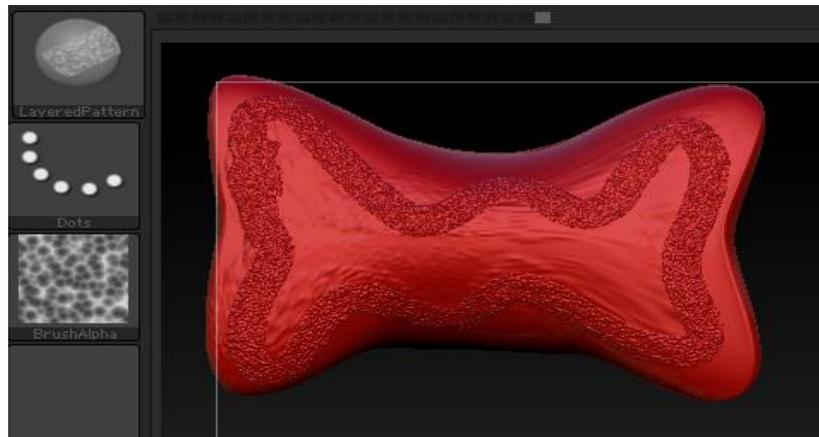


Figure 2.25 Layered Pattern

Snake Hooke (Figure 2.26)

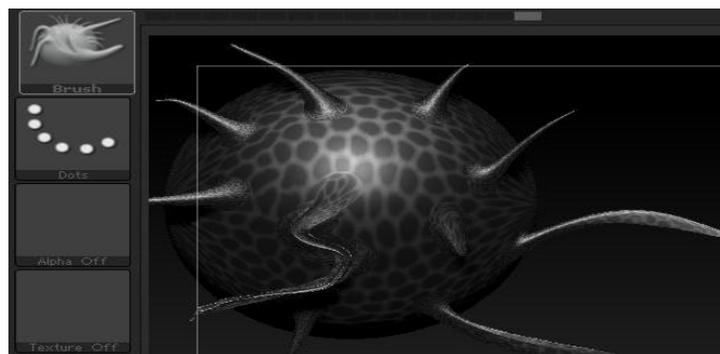


Figure 2.26 Snake Hooke

Rake (figure 2.27)

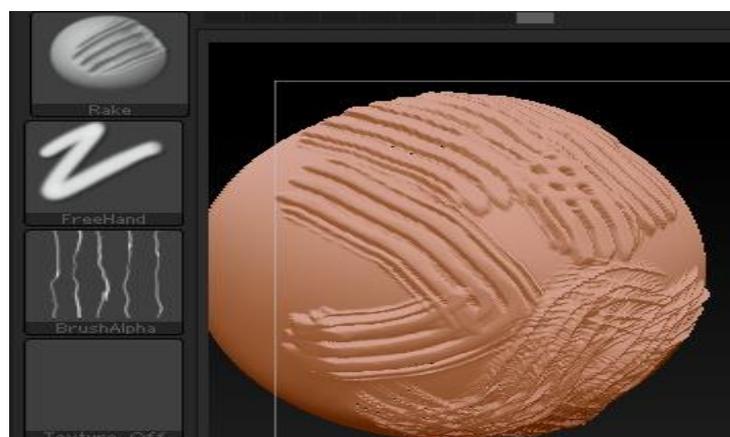


Figure 2.27 Rake brush

Chapitre 02 : ZBRUSH

Blob brush

Dans certain brosses comme celle-ci, lorsqu'on change le stroke ou alpha on obtient plusieurs formes (Figure 2.28)

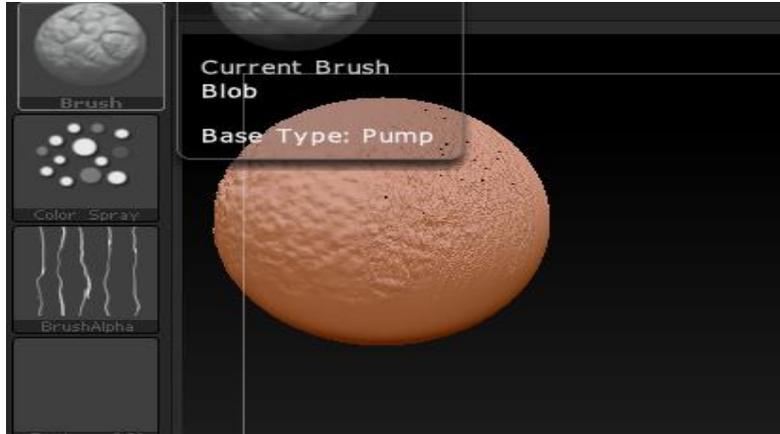


Figure 2.28 Blob brush

Claybuildup brush (Figure 2.29)



Figure 2.29 Claybuildup brush

Dam_standard (Figure 2.30)

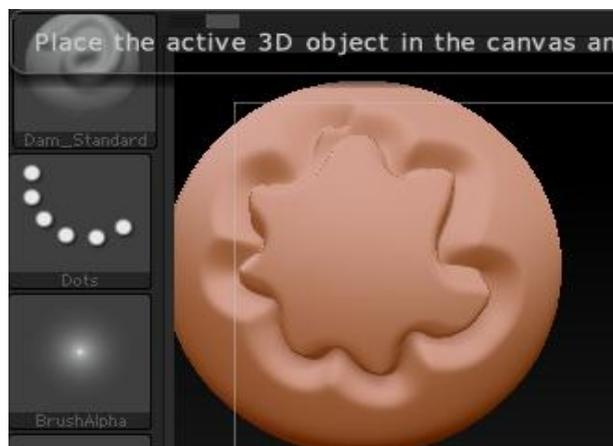


Figure 2.30 Dam standard

Chapitre 02 : ZBRUSH

mask brush

Une fois activée, il n'y aura aucune modification possible au niveau du masque (figure 2.31).

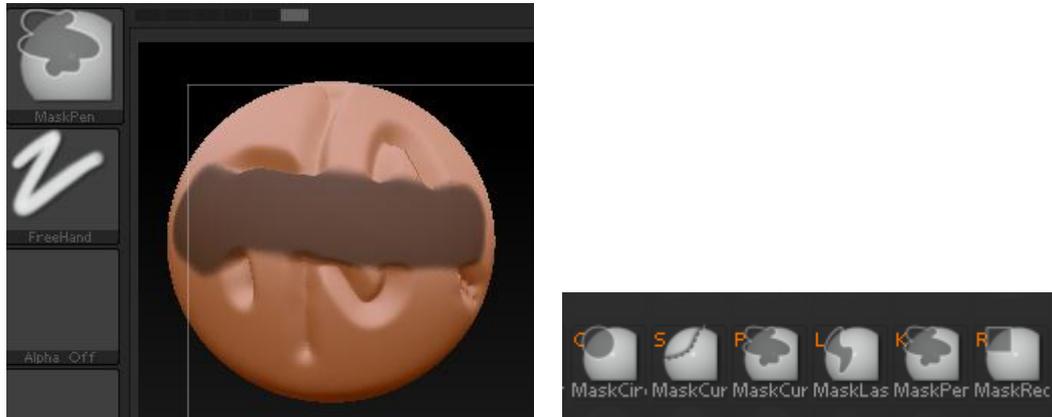


Figure 2.31 Mask Brush

Il existe un autre type de brosses, permettant d'ajouter des effets à un objet.

ClayTubes et/ou ClayBuildup

Certains préfèrent travailler la forme générale avec la Standard Brush qui est la brush de sculpture par défaut. Cependant, il vaut mieux exagérer un peu les formes avec *ClayTubes* qui a un tracé carré avec une élévation bien marquée. Ou encore la *ClayBuildup* qui va créer des couches supplémentaires en repassant la brush par-dessus le tracé. Ces deux outils restent intéressants, on peut sculpter et marquer les volumes, puis procéder à un léger smooth pour adoucir les bosses et atténuer le volume.

- Utilisation des brosses après la subdivision

Pour subdiviser il faut appuyer sur le bouton *Divide* de la palette *Geometry* ou utiliser le raccourci **Ctrl** + **d** (figure 2.32). En déplaçant le slider *S Div* (niveau de subdivision), on retourne au niveau de subdivision antérieure tout en conservant les détails de la subdivision la plus élevée. On peut aussi passer par le raccourci **Shift** + **d** pour passer au niveau de subdivision en dessous ou **d** seul pour l'inverse. Ces deux raccourcis permettent de naviguer entre les niveaux de subdivisions.



Figure 2.32 Subdivision

Chapitre 02 : ZBRUSH

Même après subdivision on peut continuer à utiliser *claytubes* et/ou *clayBuildup* pour marquer des formes et faire apparaître encore plus de détails.

➤ La Clay Brush et le smooth en organique

La ClayBrush permet d'aplanir des parties de la sculpture et d'effacer des bosses.

On peut également effacer les légères imperfections et petites bosses restantes avec la smooth.

La hPolish et TrimDynamic (mécanique)

Pour une modélisation mécanique, il est préférable d'utiliser la *hPolish* pour polir. Elle permet d'aplanir au maximum les surfaces.

On peut également créer de nouvelles surfaces aux angles avec la brush TrimDynamic, disons que le mot approprié serait chanfreiner, casser

Les curves

Les curves sont des brushes qui permettent de créer des formes complexes rapidement. Les trois brushes les plus importantes sont : la CurveTriFill, la CurveSurface et CurveTube.

La CurveTriFill ou la CurveQuadFill agissent presque pareil, elles génèrent une surface délimitée par nos tracés qui prennent office de contours. La différence entre les deux est que le CurveTriFill comme son nom l'indique va générer des Trifaces, des faces à trois sommets (figure 2.33).

On peut après le tracé changer la forme de la courbe, tant qu'on n'a pas appliqué un UnMask.

Aussi, avec un rapide clic sur la courbe (curve), l'épaisseur de la surface générée changera en fonction de la taille de la *curve bleue* [30].

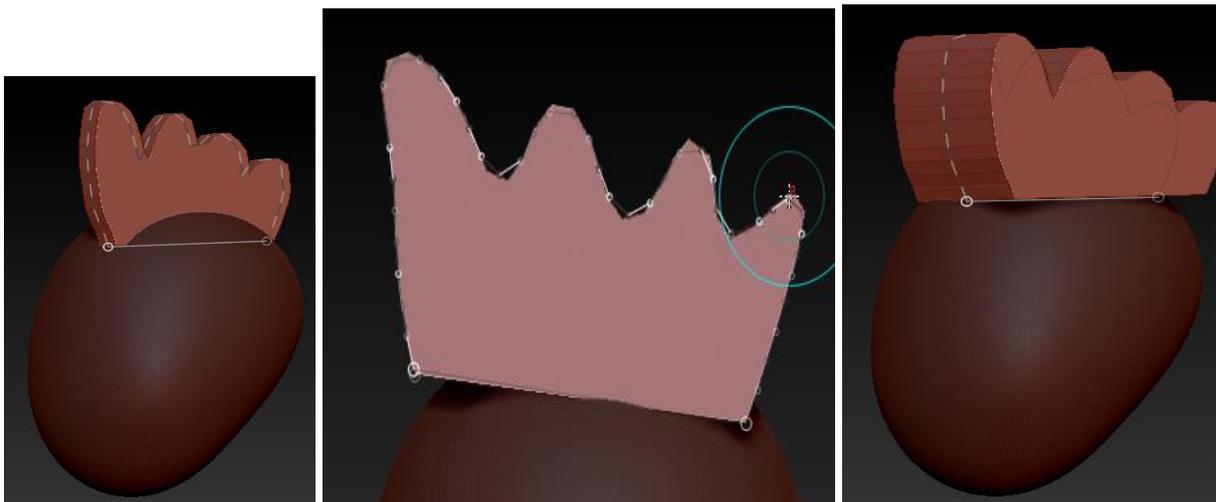


Figure 2.33 CurveTriFill

Chapitre 02 : ZBRUSH

a. CurveSurface

Pour utiliser cette brosse, il faut tracer des lignes presque parallèles de même direction successivement. Donc logiquement il vous faut tracer au minimum deux courbes pour générer une surface. Le réglage de l'épaisseur et la quantité de points se font de la même manière.

b. CurveTube et CurveTubeSnap

La CurveTube et CurveTubeSnap permettent de créer des tubes des câbles.

c. Couper avec Clip, Slice Curves

Il existe depuis la sortie de ZBrush 4 des courbes permettant de couper le PolyMesh qu'on appelle ClipCurves.

Les courbes agissent comme un couteau qui donnera l'impression de découper la sculpture. Le maillage sera écrasé et la *curve* sera la limite de cet écrasement

La découpe n'agit que d'un côté de la *curve*, il faut la tracer dans le bon sens. Si on trace une *curve* de gauche à droite, on peut voir une ombre apparaître au-dessus de celle-ci, ce qui indique que ce sera la partie coupée. Si on la trace dans l'autre sens la partie du dessous sera supprimée. On peut couper simplement et correctement sans avoir à vérifier de quel côté est situé l'ombre, dans le sens des aiguilles d'une montre (figure 2.34). On peut par la suite utiliser la barre d'espace pour positionner la zone à couper.

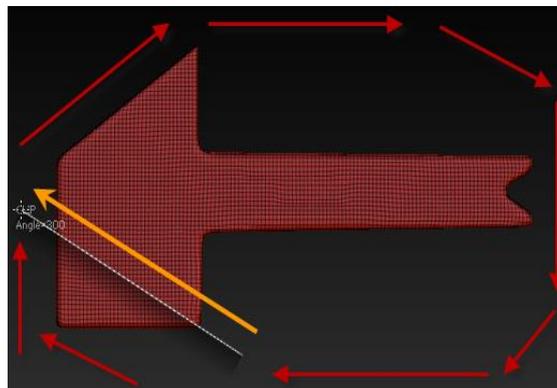


Figure 2.34 Découpe avec slice curves

La SliceCurve ne va pas physiquement séparer les pièces du PolyMesh, elle va d'abord le faire sous forme de groupe défini par des couleurs. Ce sont des PolyGroups. Si on remplace la ClipCurve par la SliceCurve et qu'on applique PolyMesh, Rien ne se passera à première vue, mais si on passe en mode PolyFrame (**Shift** + **f**), nous verrons deux parties séparées par deux couleurs différentes avec pour frontière la curve (Figure 2.35). Nous avons maintenant deux PolyGroups.

Chapitre 02 : ZBRUSH

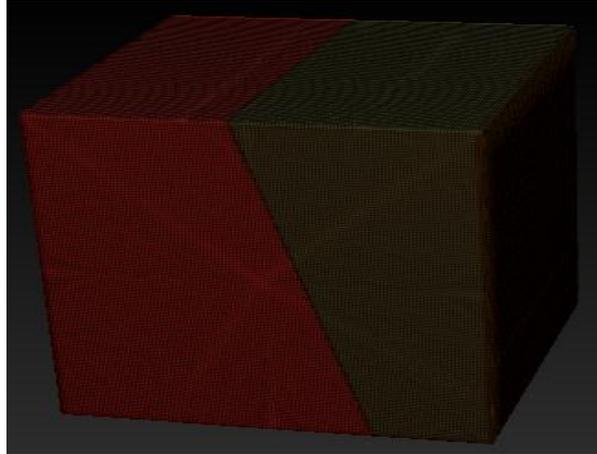


Figure 2.35 PolyGroups

Un des avantages proposés est de pouvoir isoler des polygroups pour les sculpter, en faisant **Ctrl** + **Shift**, mais cette fois avec un clic sur place.

Pour séparer les polygroups, sélectionner le Move, et cliquer sur le PolyGroup qu'on veut déplacer tout en appuyant sur Ctrl, cela masquera tous les autres PolyGroups. On peut ainsi le déplacer avec TransPose (figure 2.36).

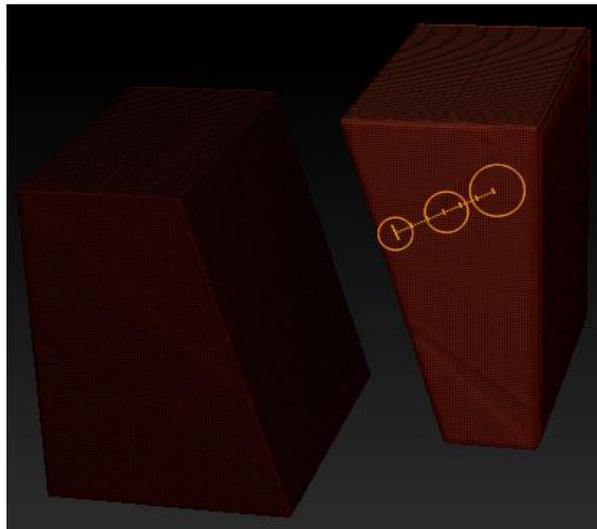


Figure 2.36 Séparation des polygroups

d. Subdiviser en contrôlant le maillage

Subdiviser son PolyMesh c'est ajouter des faces supplémentaires afin de sculpter des détails plus fins et précis. Le niveau de subdivision doit permettre de tracer rides et pores de la peau confortablement ce qui demande aussi d'avoir un maillage homogène [14].

La sculpture ne doit compter que très peu de faces, c'est ce qu'on appelle du low poly ou peu de polygones.

Chapitre 02 : ZBRUSH

IV.10. 6. Effets des Alphas, Strokes et LazyMouse

Il existe deux paramètres souvent utilisés avec les brushes, rapides à appliquer et qui modifient grandement leur comportement [31], ce sont :

- les Strokes (type de tracé), qui définissent le type de propagation, donc zone d'effet de la brush.
- les Alphas qui changent le motif du tracé.

On a pu voir que par exemple que la brush ClayBuildUp avait une forme carrée, alors que la Standard Brush est ronde. En fait, certains *presets* de brushes ont parfois le même comportement que d'autres, mais avec seulement un alpha différent et une épaisseur qui change. C'est de cette manière qu'on crée de nouvelles brushes à partir d'autres.

IV.10. 6. 1. Les Alphas

Les alphas existent avec toutes sortes de formes. La sélection d'un alpha se fait sous le menu de sélection des brushes, deux cases en dessous pour être précis. En cliquant dessus, un menu apparaît, avec toutes sortes de « taches blanches », ce sont les motifs des alphas (figure 2.37).

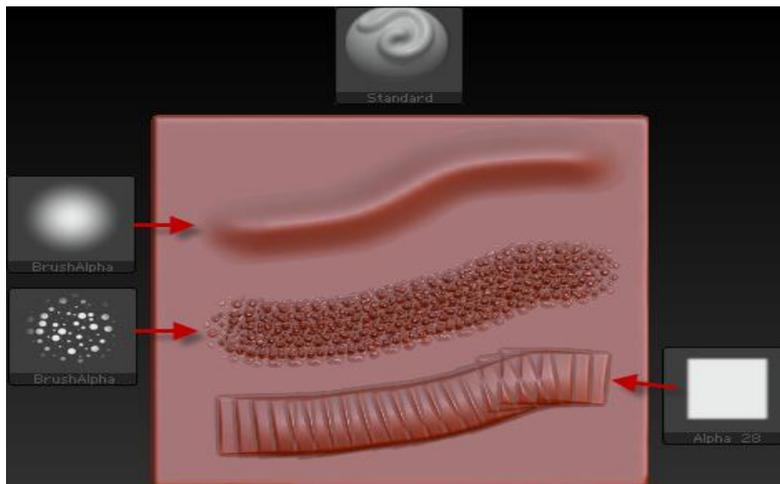


Figure 2.37 Les alphas

Importer un Alpha

On peut importer de nouveaux motifs ou en créer. Il existe beaucoup d'Alphas en libre téléchargement sur le Download Center de ZBrush. Ils sont classés par catégorie.

Après que l'Alpha ait été téléchargé, il faut le mettre directement dans le dossier où est installé ZBrush, par défaut situé dans « C:\Program Files (x86)\Pixologic\ZBrush # » (# = version de ZBrush). On ne peut le mettre dans le dossier ZExportImport ou ZAlphas [32].

Chapitre 02 : ZBRUSH

IV.10. 6. 2. Les strokes

Pour sculpter il est impératif d'avoir un type de stroke activé, sans quoi ZBrush ne saura comment appliquer le pinceau sur une surface à sculpter ou propager des pixels. Le stroke indique la disposition des Alphas successifs lors d'un tracé. Une même brush peut avoir un comportement radicalement différent d'un stroke à l'autre (figure 2.38).

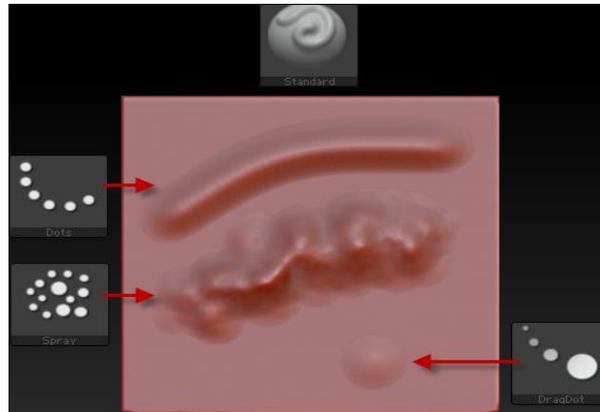


Figure 2.38 Les strokes

IV.10. 6. 3. LazyMouse

Cette expression qui signifie souris paresseuse a pour effet une brush qui traîne derrière la position du curseur, ce qui permet d'éviter d'enregistrer les tremblements de main et donc tracer de jolies courbes (figure 2.39).

Pour activer le LazyMouse il faut aller dans Stroke, car on fait varier le comportement du tracé. On y trouve un bouton LazyMouse (raccourci touche **L**). Pour certaines brushes comme la Standard Brush, le lazyMouse est déjà activé, mais avec une toute petite valeur. Le LazyRadius régle la distance de la traînée. Plus la valeur est élevée, plus le tracé traîne loin derrière le curseur (on évitera davantage d'enregistrer des tremblements de main, mais on aura sans doute plus de mal à sculpter avec précision).

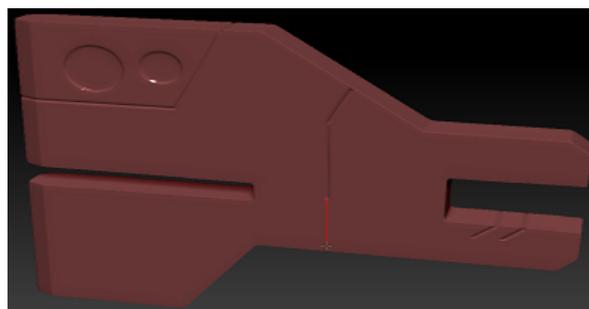


Figure 2.39 Effet du LazyMouse

IV.10. 7. Geler avec les Masks

Les masques nous permettent de créer un nouveau SubTool à partir d'un SubTool de départ. On masque des zones, ils noircissent, puis on génère des SubTool avec la fonction Extract [33].

Chapitre 02 : ZBRUSH

Les masques empêchent aussi certaines fonctionnalités d'agir sur le maillage. On peut par exemple empêcher la palette déformation de fonctionner à certains endroits (empêcher de colorer des parties, etc).

Pour masquer, il faut faire comme si on allait sculpter, mais en pressant en même temps la touche **Ctrl**. La partie masquée sera alors noircie donc gelée. On peut continuer à masquer de nouvelles zones, sculpter, prolonger le masque, etc. Pour « démasquer », utiliser **Ctrl** pour le modifier et **Alt** en même temps. Pour enlever tous les masques se trouvant sur la sculpture il faut cliquer à côté de la sculpture avec un **Ctrl** + **clic gauche** dans le vide sans déplacer la souris ce qui créera le masque rectangulaire.

IV.10. 8. Quelques techniques avec les PolyGroups

Masquer des PolyGroups

Les PolyGroups permettent d'isoler des parties d'un PolyMesh, mais aussi de les masquer plus facilement. Ce qui permet de les déplacer sans bouger les autres parties avec l'outil TransPose [34].

Pour masquer tout un PolyGroup, il faut utiliser l'outil TransPose, donc au choix passer par Move, Rotate ou Scale et faire **Ctrl** + clic gauche sur le PolyGroup à masquer.

Séparer les PolyGroups dans des SubTools différents

Mais plutôt que de masquer les PolyGroups, on peut en faire des pièces à part, des SubTools différents. Ce sera plus simple par la suite pour déplacer les pièces, les isoler et utiliser les curves sur une seule pièce. Pour séparer chaque PolyGroup dans un SubTool, aller dans la palette SubTool et cliquer sur « Group Split ».

Supprimer un PolyGroup

Il est possible de supprimer tous les PolyGroups qui ont été cachés. Par exemple une fois avoir tracé avec la SliceCurve les contours d'une pièce mécanique, on va cacher ou supprimer les PolyGroups qui ne servent plus. La suppression des PolyGroups cachés se fait cette fois dans la palette Geometry, sur le bouton DelHidden (Delete Hidden = supprimer ce qui est caché), (figure 2.40). Ensuite, on clique sur group visible puis sur DynaMesh.

Chapitre 02 : ZBRUSH

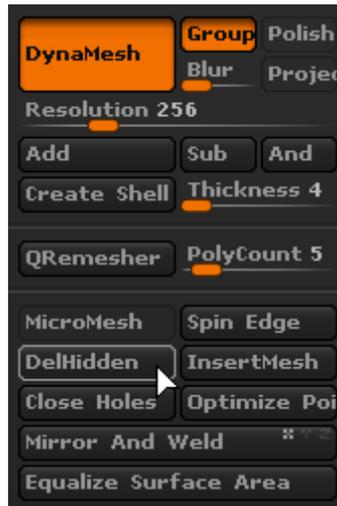


Figure 2.40 Suppression de polyGroups cachés

IV.10. 9. La palette déformation

Elle se trouve dans le conteneur de droite et contient beaucoup de sliders successifs avec les noms des fonctions à leur gauche, (Figure 2.41).



Figure 2.41 Palette de déformation

Les quatre premiers sliders en haut servent à smoother. Le Polish est un Smooth, le Relax fait presque la même chose tout en gardant les détails. Ces sliders commencent de la gauche ce qui signifie qu'on ne peut pas mettre des valeurs négatives (« dés smoother » est compliqué).

D'autres sliders sont disposés en dessous de ces derniers mais avec un curseur placé au milieu. C'est le cas de Size (taille), qui permet d'agrandir ou de réduire la zone non masquée. Le Twist (tordre) permet de tordre la sélection. À droite de chaque slider les axes sur lesquels la déformation va agir sont affichés (cliquer sur un axe pour l'activer/désactiver) [35].

Chapitre 02 : ZBRUSH

V. Personnaliser l'interface

Personnaliser l'interface de ZBrush peut s'avérer nécessaire. Pour certaines tâches, on n'a besoin que de quelques outils. Les autres sont invoqués dans des cas bien spécifiques. Ils dépendent de nos habitudes prises avec le temps et de notre style. Donc la personnalisation peut nous faire gagner un peu de temps [36].

V.1. Ranger les palettes dans les contenaires et sauvegarde de l'interface

Mettre des palettes dans les contenaires

On peut juste apposer nos palettes favorites dans les contenaires sur les côtés de l'interface et les laisser ouvertes pour accéder à leurs options, les placer où on veut et les faire apparaître.

En ce qui concerne les contenaires, seul celui de droite est ouvert par défaut, on a trois bandes grisées aux trois coins de l'interface (il n'y en a pas en haut) (figure 2.42). Le conteneur du bas ne peut pas accueillir de palettes, mais juste des boutons et des paramètres. On peut faire défiler les palettes dans le conteneur gauche ou droite en maintenant le clic gauche enfoncé pour qu'elles glissent de bas en haut ou inversement.

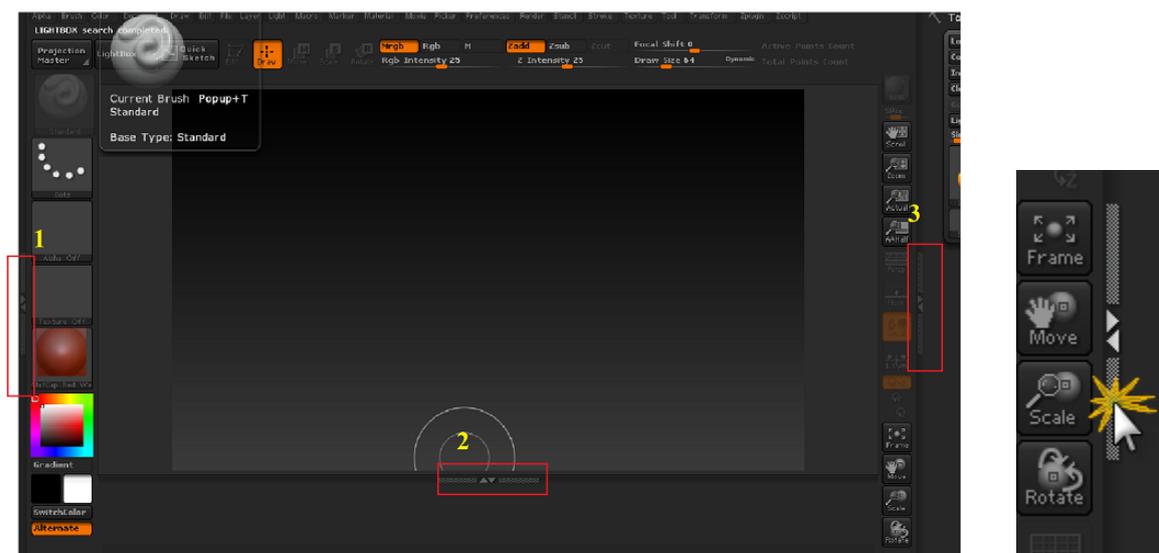


Figure 2.42 Conteneur personnalisé

Pour placer une palette dans un conteneur, cliquer sur l'icône  (coin supérieure gauche) pour prendre la palette et la déposer par-dessus un conteneur. Pour la retirer, un simple clic sur le cercle de la palette dans le conteneur. De toute façon les palettes dans les contenaires sont juste des raccourcis, les originales sont toujours présentes dans la barre des palettes.

Sauvegarder la personnalisation

Toutes les modifications faites sur l'interface ne sont pas sauvegardées automatiquement. Pour les sauvegarder aller dans **Preferences -> Config -> Store Config** et éventuellement «

Chapitre 02 : ZBRUSH

Save UI » pour les enregistrer dans un fichier. Pour revenir à l'interface par défaut, aller à « **Restore Standard UI** » toujours dans Config, puis refaire « **Store Config** ».

V.2. Faire sa propre palette en 3 étapes

On passe à la partie intéressante, la vraie personnalisation, celle où fait notre propre palette et récupérer nos outils favoris parmi les autres palettes. L'activation de la personnalisation poussée se trouve encore dans Config puis activer « Enable Customize ».

1- Créer sa palette

Tous les boutons qui composent l'interface ne sont que des raccourcis qui existent dans les palettes. Le Move, Scale et Rotate par exemple se retrouve dans la palette Transform. Nous allons voir comment créer notre propre palette et y insérant nos outils préférés. Cette fois nous allons nous rendre dans la sous-palette « Custom UI » (personnaliser l'Interface Utilisateur) toujours accessible dans Preferences. Cliquez sur « Create New Menu », un champ textuel s'ouvrira nous demandant de nommer la palette. On va alors lui donner un nom qui va apparaître dans la barre des palettes, mais vide.

2- Remplir sa palette

On va y mettre généralement nos brushes préférées, outils de déformations, de subdivision, d'activation du DynaMesh.

Pour ajouter des outils, il faut juste créer des raccourcis en les glissant depuis les autres palettes. On peut les replacer, les récupérer depuis leur palette d'origine ou restaurer l'interface. Supprimer un bouton se fait en le déplaçant dans la scène puis en lâchant le clic de la souris.

3- Organiser sa palette

Une palette est généralement composée de sous-palettes servant à classer les boutons, mais également d'espaces vides. L'organisation dépendra de la taille de notre palette

Pour supprimer une sous palette il faut vider son contenu en déplaçant les éléments dans la scène, puis faire pareil avec la sous palette.

Il ne faut pas oublier pas de désactiver « Enable Customize » une fois le travail terminé.

V.3. Changer la couleur du fond de ZBrush

Pour changer la couleur de fond, choisir la couleur voulue, dans le sélecteur de couleur secondaire (carré de droite), puis aller dans la palette Document, mettez le slider Range à 0 pour ne pas avoir de dégradé, puis cliquer sur Back (fond) (Figure 2.43).

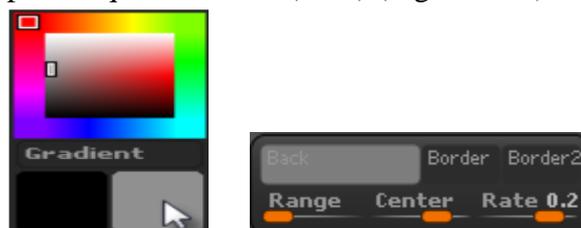


Figure 2.43 Changer la couleur de fond

Chapitre 02 : ZBRUSH

VI. Principaux raccourcis zbrush

Ceci est une liste des principaux et plus utiles raccourcis clavier ZBrush qui nous aideront à être plus productif. Pour trouver le raccourci d'un outil ou d'un utilitaire, il suffit de passer le curseur sur l'élément, une info-bulle affiche le nom de l'élément et si un raccourci est attribué, il sera affiché à la fin de cette info-bulle.

On peut également assigner notre propre raccourci en appuyant sur **Ctrl Alt** et en cliquant sur l'élément de notre choix. Sans bouger le pointeur de l'élément, appuyez sur la touche ou combinaison de touches que nous souhaitons utiliser en tant que raccourci, suivi de la touche Retour. Il faut ensuite sauvegarder le nouveau raccourci en cliquant > **Preferences> Hotkeys>>Store** [37].

- **CTRL+ S** : Enregistrer en tant que projet.
- **CTRL + O** : Ouvrir un projet.
- **Q** : Passer en mode Draw. (Dessiner)
- **W** : Passer au mode Move. (Déplacer)
- **E** : Passer en mode Scale. (Échelle)
- **R** : Passer au mode Rotate. (Rotation)
- **ALT** : Lorsqu'on utilise une brosse, en tenant la touche Alt, cela inversera le comportement actuel. Par exemple, si Zadd est activé, il passe à Zsub.
- **SHIFT** : Lorsqu'on utilise une brosse, en maintenant **SHIFT** la brosse active basculera en Smooth (lisser) ou la brosse de remplacement si elle a été établie.
- **CTRL** : Lorsqu'on utilise une brosse, appuyer sur **CTRL** crée un masque qui protège une zone de toute forme d'action. (Peinture, sculpture, etc) Les masques peuvent aussi être utilisés avec la **Shadow Box** ou la fonctionnalité d'extraction.
- **Ctrl + Z** : Annuler la dernière opération.
- **Ctrl + Maj + Z** : Refaire la dernière opération.
- **D** : Monter d'un niveau de subdivision.
- **SHIFT +D** : Descendre d'un niveau de subdivision.
- **Ctrl + D** : Divisez le mesh pour ajouter un niveau de subdivision. On doit être sur le plus haut niveau de subdivision.
- **X** : mode bascule symétrie. Par défaut, ce sera dans l'axe des X. On peut changer le comportement de la symétrie dans la palette Transformation.

Chapitre 02 : ZBRUSH

- **L** : Active le mode Lazy Mouse pour créer des coups de pinceau plus précis.
- **CTRL + T + MAJ** : Enregistre le Tool courant (objet 3D).
- **CTRL + N** : Désactiver la couche active. Utile quand un précédent Tool est accidentellement tombé sur le document pixels.
- **A** : Avec les ZSpheres, affichage en bascule de l'aperçu de la peau adaptative.
- Pour vous déplacer latéralement, faire un clic dans le vide comme toujours, et appuyez sur la touche **Alt**.
- Pour le zoom Il faut appuyer sur **Alt**, faire un clic dans la scène, puis relâcher **Alt** tout en gardant le clic enfoncé. Ensuite, en déplaçant le curseur vous zoomerez.
- On peut utiliser la touche **F** pour faire un zoom au mieux, pour que la sculpture prenne tout l'écran. Ce raccourci permet aussi de la retrouver au cas où elle ne serait plus visible dans la scène 3D.
- Il existe des raccourcis plus « conventionnels » pour se déplacer dans la vue 3D et plus efficaces avec la souris. Le clic droit pour faire une rotation, **Alt** + clic droit pour un déplacement latéral et **Ctrl** + **clic droit** pour le zoom.
- Pour sélectionner la brush rapidement, appuyer sur **b** pour ouvrir le menu, puis **la première lettre de nom de la brush** et **b** qui est proposé.

VII. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons décrit le logiciel ZBrush qui a révolutionné l'industrie 3D avec ses puissantes fonctionnalités et les flux de travail intuitif et de la sculpture numérique. Nous avons expliqué son interface élégante, et ses principaux outils, les plus avancés au monde, pour les artistes numériques d'aujourd'hui. A la fin de ce chapitre nous avons montré comment personnaliser l'interface pour nous permettre de gagner du temps et faciliter le travail. Nous avons terminé par les principaux raccourcis de ZBrush qu'il est bon de connaître pour aller vite.

Dans le prochain chapitre, nous allons voir comment créer des animations avec le logiciel Maya.

Chapitre 03

Le logiciel de Maya

Introduction

Nous avons déjà abordé dans les deux premiers chapitres les notions essentielles sur la 3D ainsi que le principe de modélisation en nous focalisant sur la modélisation organique proposée par ZBrush. Notre projet qu'on peut diviser en deux étapes est réalisé en partie avec ZBrush (modélisation) et en partie avec Maya (rendu et animation), compte tenu de la supériorité de Maya dans ce dernier domaine.

Ce chapitre vous apprendra donc, l'utilisation de Maya dans les domaines de l'animation, le rendu, les effets spéciaux .C'est un logiciel ayant une longue histoire derrière lui. Anciennement développé par Alias, il a hérité des technologies des premiers logiciels d'animation au monde (Alias Power Animator) et de modélisation surfacique (Alias Studio). Il est très fortement implanté dans le milieu professionnel et en particulier dans le domaine de l'animation où il est devenu une référence dans les studios d'animations sans oublier les grandes marques de jeux vidéo (figure 3.1).

Il constitue un très bon logiciel pour se lancer dans la 3D et avoir des connaissances solides dans ce domaine et éventuellement pour rechercher un emploi. Sur les forums, sa large communauté est composée de nombreux professionnels.

Nous avons classifié ce chapitre en quatre parties : la première partie permet la description de l'interface, la deuxième partie est consacrée au rendu et matériaux, la troisième décrit l'animation. Enfin, dans la quatrième partie nous avons noté les raccourcis du logiciel et certaines définitions. Nous avons également réalisé des vidéos pédagogiques pour faciliter la prise en main du logiciel.



a

b

Figure 3.1. Exemple d'utilisation de maya,
(a: « Tangled » /b: « Final Fantasy Advent Children »)

Partie 1 : Découverte de l'interface

Nous allons commencer par montrer globalement les éléments qui composent l'interface de Maya. Mais avant cela nous abordons l'environnement idéal pour bien profiter de ce genre de logiciel.

I. Un ordinateur pour l'infographie 3d

Tout d'abord voici quelques recommandations pour un PC dédié de la 3D comme : le processeur, la RAM ou la carte graphique, pour exploiter au maximum toutes les fonctionnalités d'un logiciel 3d [38].

I.1 Le processeur

Ce n'est plus le composant central pour la 3D, il était destiné à réaliser les rendus 3D. Nous pouvons opter pour de la moyenne gamme et prendre un i5 d'Intel, actuellement les Ivy Bridges tels que le i5 3570k. Le processeur reste toutefois très utilisé pour réaliser des prés calculs (transférer des données vers la carte graphique avant un rendu), effectuer des *bakings* (enregistrer des informations après une simulation dans un fichier temporaire) voire même réaliser des simulations sur des moteurs ne supportant pas encore les calculs via la carte graphique.

I.2 La mémoire vive

Il faut beaucoup de mémoire vive, surtout pour la sculpture. Alors depuis l'arrivée des barrettes à 2 x 2 Go, il est assez difficile de faire crasher des logiciels par saturation de mémoire. Le prix de la mémoire étant réduit nous pouvons opter pour un minimum du 2x4 Go, ou même du 2x8 Go.

Il faut quand même regarder la vitesse de la mémoire, pour le moment optez pour de la DDR3 (la carte mère doit être compatible).

I.1 La carte graphique

Dans la scène 3D de Maya, Blender et des autres logiciels de 3D il n'y a pas besoin d'une carte graphique monstrueuse. Un chipset graphique intégré à la carte mère ou un APU (processeur avec partie graphique intégré) suffit. Mais ce qu'on oublie souvent de prendre en compte ce sont les calculs massivement parallélisés : les gros rendus 3D qu'on aimerait avoir en temps réel, la simulation elle aussi. Rendre une animation de quelques secondes peut durer plusieurs heures, c'est pourquoi, il est préférable d'avoir une carte graphique moyenne ou haut de gamme on seulement pour le temps du rendu, mais aussi pour modifier l'éclairage et les matériaux et voir directement leurs impact. Nous aurons ainsi un meilleur contrôle du résultat final. Avec le processeur il faut parfois plusieurs minutes pour voir ce que donnent les ombres et le nouvel éclairage et l'écart entre les deux composants ne fait que s'accroître avec les années.

Les calculs via la carte graphique sont aussi appelés GPGPU ou GPU Computing (GPU désigne la carte graphique et CPU le processeur). Beaucoup de moteurs GPGPU sont basés sur CUDA, une technologie propriétaire de NVidia. Seules les cartes graphiques de ce constructeur peuvent les réaliser. Pour effectuer des calculs GPGPU avec des cartes

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

graphiques AMD et Nvidia il faut que le moteur soit compatible OpenCL. Pour l'instant, la Nvidia GTX 670 est ce qui se fait de mieux.

II. Présentation

Lorsque l'interface de Maya s'ouvrira, Vous verrez une fenêtre dès l'ouverture vous proposant des vidéos de démonstrations (figure 3.1.2).



Figure 3.1.2 Fenêtre proposant des vidéos de démonstrations

III. L'interface de maya

La figure 3.1.3 illustre l'interface de Maya. Nous allons décrire plus bas les différentes parties qui sont numérotées dans cette figure.

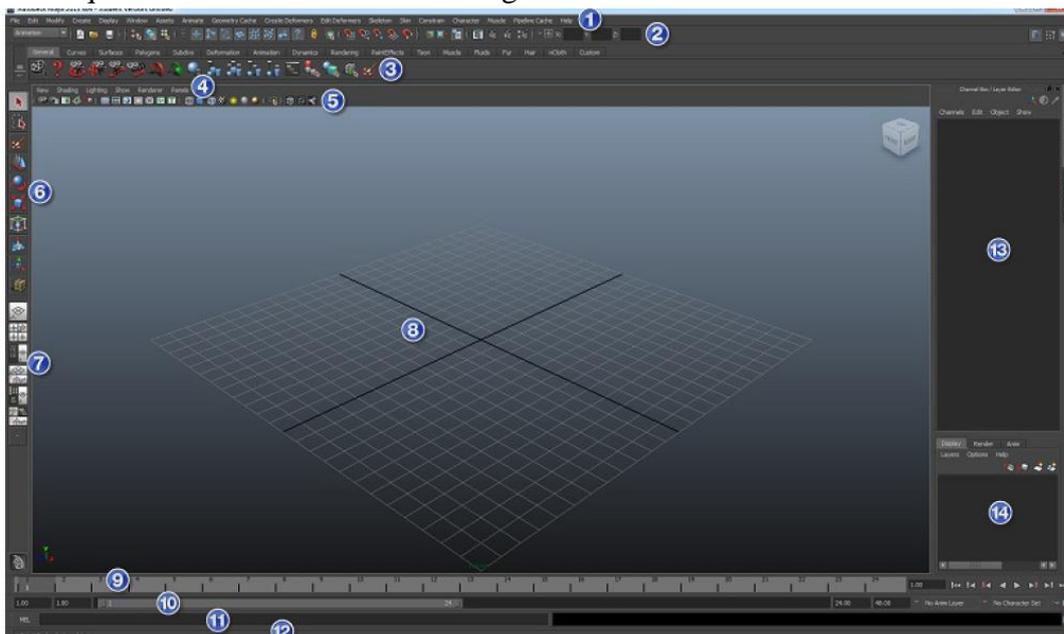
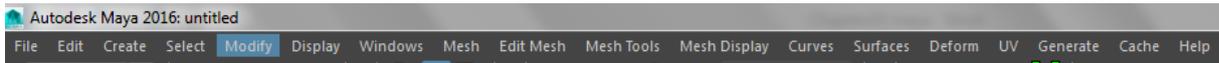


Figure 3.1.3 Interface de maya

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

III.1 Menu principal



Rien de plus classique que le menu principal que l'on retrouve dans n'importe quel logiciel. Avec lui vous pourrez effectuer un grand nombre de tâches. Cette barre permet d'accéder à presque tous les outils de Maya.

Une partie de ce menu est fixe, c'est-à-dire qu'elle ne change jamais. Par contre, les menus que vous voyez de « Mesh » à « Cache » changent en fonction du mode d'interface que vous avez choisi [39] (figure 3.1.4). Le mode *Animation* affichera des menus et outils pour animer, *Polygons* pour les outils de modélisation et ainsi de suite.



Figure 3. 1.4 Différents modes de l'interface

III.2 Status Line

La « Status Line » [40] est située juste en dessous du menu principal et est uniquement composée de petites icônes (figure 3.1.5), il n'y a que des raccourcis. On s'en servira pour faire des rendus et quelques options comme : enregistrer, ouvrir ou créer des projets, et comme on vient de le voir (figure 3.4), le menu déroulant à gauche permet de choisir le mode de traitement (Animation, modeling , rendering...) qui interagira sur le menu principal .



Figure 3. 1.5 Status Line

III.3 Shelves

Shelves est le pluriel de Shelf qui signifie « étagère ». Ce menu fait partie des gros avantages de Maya, car aucun autre logiciel de 3D n'est organisé de la sorte. Ce menu constitué d'onglets à thèmes et de grosses icônes explicites vous permettra d'accéder à beaucoup d'outils [41] (figure3.1.6).



Figure 3. 1.6 Shelves

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

Voici, donc une brève description des shelves [42].

1. Curve / Surfaces

*Les curves sont des courbes 2D, qui sont très utiles notamment pour créer un chemin à suivre pour une animation ou générer des surfaces 3D.

*Créer ou générer des surfaces lisses à partir de *curves*.

2. Polygons

* Permet de créer des polygones basiques : cubes, sphères, cylindres, etc. C'est à partir d'eux que nous travaillerons la majorité du temps.

3. sculpting (Deformation)

*Ici on pourra appliquer des modifications spécifiques aux polygones afin de les tordre, les faire onduler à la manière de vagues ou bien les sculpter avec des outils très basiques.

* Il permet aussi de générer des particules, de petits objets créés en très grand nombre servant à simuler toute sorte de choses comme de la pluie ou de la neige.

4. Animation

* Ici nous accéderons aux outils servant à animer objet et personnages 3D. Vous trouverez davantage d'outils dans le menu principal.

5. Rendering

*Ce shelf servira à préparer la scène pour le rendu, en ajoutant des lampes pour l'éclairage et appliquant des matériaux aux polygones.

6. XGen

*Il vous permet de placer les effets spéciaux tel que des flammes, de l'herbe, de la fumée, des arbres et tout ça à l'aide d'un simple pinceau !

7. rigging (Muscle)

*Disponible depuis Maya 2010, ce plug-in permet de simuler la contraction des muscles lorsqu'on anime un être organique.

8. FX

*Il permet d'ajouter :

❖ Fluids : Maya permet de simuler des liquides, de l'eau, de la lave, mais aussi des nuages ou des explosions avec beaucoup de paramètres permettant de régler le moindre effet.

❖ Fur : permet de générer des poils, fourrures et cheveux courts !

❖ Hair : « cheveux ».

❖ nCloth : gère la simulation des vêtements ou tout autre tissu tel qu'une voile ou un drapeau.

9. Custom : personnaliser les fonctionnalités préférées.

III.4.5 Panel Menu /Panel Toolbar

Le « Panel Menu » c'est le menu situé juste au-dessus de la scène 3D [39], (figure3.1.7). Il permet de passer d'une caméra à une autre, de modifier l'affichage des polygones (transparent, filaire, etc) et de montrer ou cacher des éléments de la scène [41].

En dessous se trouve le Panel Toolbar qui regroupe quelques raccourcis sous forme d'icônes du Panel Menu

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya



Figure 3.1.7 Panel Menu/ Panel Toolbar

III.6. Tool Box

La « Tool Box » (barre d'outils) à gauche permet de déplacer, d'orienter et de changer l'échelle, des différents éléments qui composent la scène 3D (figure3.1.8).

On peut également utiliser les raccourcis (**Q** : sélectionner / **W** : déplacer/**E** : rotation/**R** : changer l'échelle) [40].

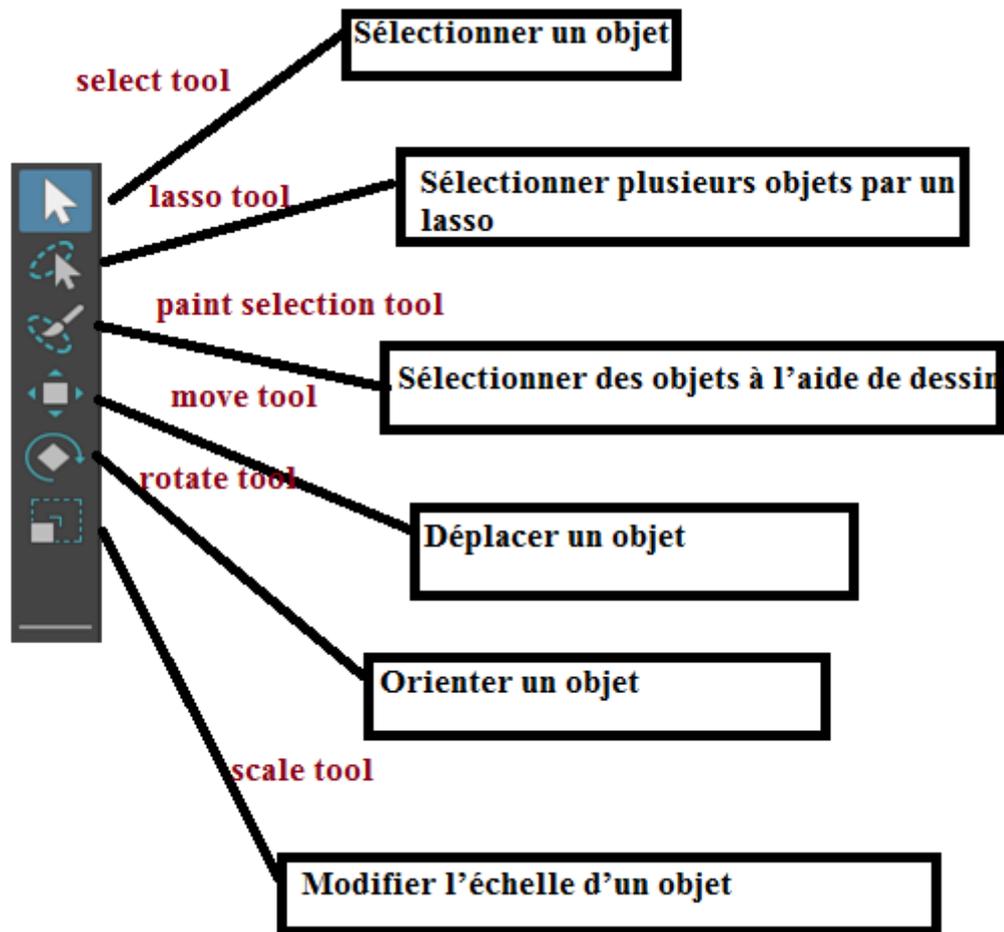


Figure 3.1.8Tool Box

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

III.7 La barre des Layouts

La barre des Layouts propose différents agencements des fenêtres (figure 3.1.9), permet aussi de choisir quelle fenêtre doit être affichée à partir des petites flèches en dessous, on trouve :

- *le mode «Single perspective (vue unique) »
- *le mode«Four perspectives (quatre vues)»
- *le mode «Perspective and Outliner (Outliner : Il s'agit tout simplement d'une fenêtre listant les éléments composants la scène [8])»
- * « Perspective and Graph Editor (Graph Editor : fenêtre qui représente les différentes courbes (trajectoires) lors de l'animation) »etc [41].



Figure 3.1.9 La barre des Layouts

III.8. La scène ou Viewport

Elles correspondent aux écrans qui représentent la scène et les objets s'y trouvant. C'est dans la scène qu'on peut mettre, les polygones, les surfaces, les courbes, ainsi que les sources lumineuses [42].

Elles sont associées à des caméras. Au démarrage, le logiciel crée des caméras par défaut. La barre espace permet de permuter entre le mode « quatre vues » et le mode « vue unique ». Quand vous êtes en mode « quatre vues », la vue où se trouve le pointeur souris sera basculée en vue principale lors de l'appui sur la barre espace. Il existe trois vues correspondant aux trois axes principaux (x, y et z). Elles sont appelées orthographiques (front, side et top). Vous n'avez pas le droit de changer leur angle de vue, il est fixe par définition [41] (figure 3.1.10).

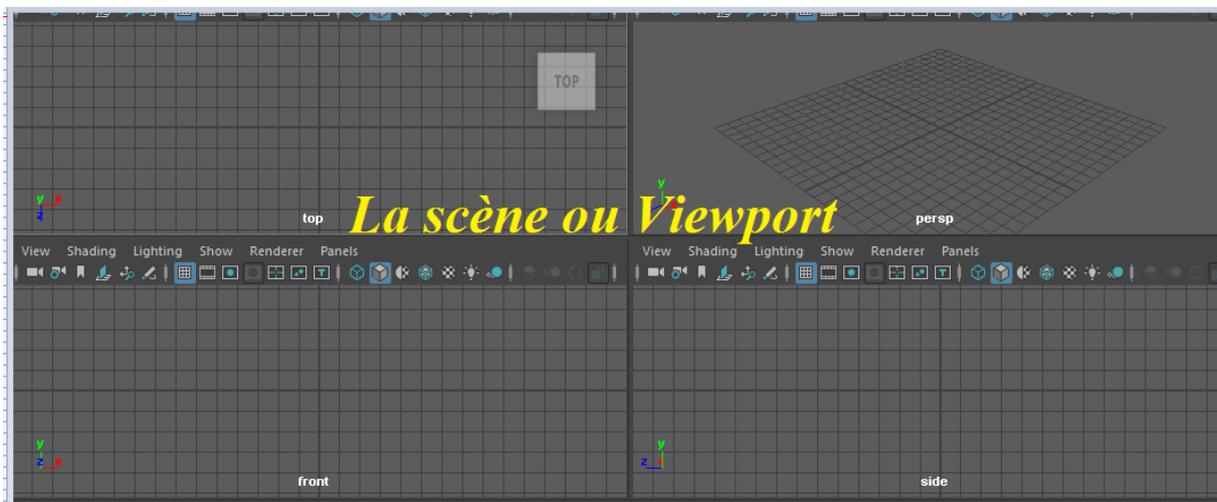


Figure 3.1.10 La scène

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

III.9. Time Slider

En bas, il y a une barre avec des numéros allant de 1 à 24, ce sont des frames. Il y a 24 images (frames) par seconde dans les animations. La Time Slider affiche donc des images sur une seconde (figure 3.1.11).



Figure 3.1.11. Time Slider

III.10. Range Slider

La Range Slider permet de choisir l'intervalle de frames choisi.



Figure 3.1.12 Range Slider

III.11. La barre des commandes

La barre des commandes (en bas) affiche les informations des actions effectuées sous forme de code en MEL (*Maya Embedded Language* = langage incorporé de Maya). Ce code peut être exploité pour automatiser des tâches qui seront ensuite sauvegarder sous forme d'icône dans la barre des shelves [43] (figure 3.1.13).



Figure 3.1.13 Range Slider

III.12. Help Line

La « Help Line » tout en bas (barre d'aide) renseigne sur l'outil ou la fonction qui est pointée avec la souris [41]. (figure 3.1.14)



Figure 3.1.14 Help Line

III.13. Channel Box

La Channel Box à droite, désigne une fenêtre donnant accès aux paramètres principaux d'un objet ainsi qu'à son historique (figure 3.1.15).

Pour l'ouvrir, il faut cliquer sur un icône () en haut à droite de l'application. Dès qu'un objet est sélectionné, les informations s'affichent [40]. En haut de la fenêtre, s'affichent les trois informations qui définissent le repère local de l'objet, c'est à dire la translation, la rotation et le changement d'échelle suivant chaque axe. En modifiant ces valeurs à la main, on change immédiatement la position et la taille d'objet dans l'espace.

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

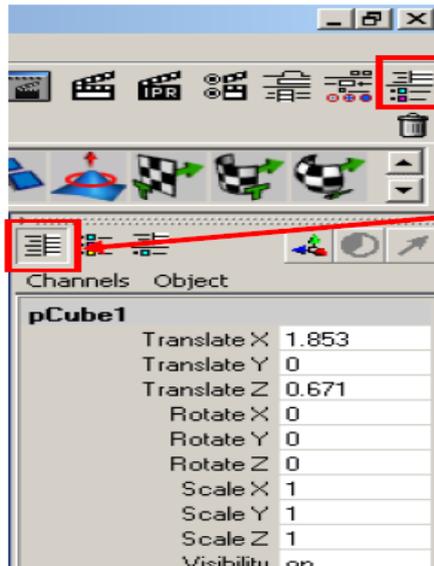


Figure 3.1. 15 La Channel Box

Il est possible de transformer la Channel Box en *Attribute Editor* avec le raccourci **Ctrl + a** qui est une version plus détaillée de la Channel Box et permet d'accéder à toutes sortes de paramètres non accessibles autrement. C'est à dire : les repères, les opérations appliquées, les textures, les modèles d'illumination, les paramètres de rendu, des options diverses... [41] (figure 3.1.16).

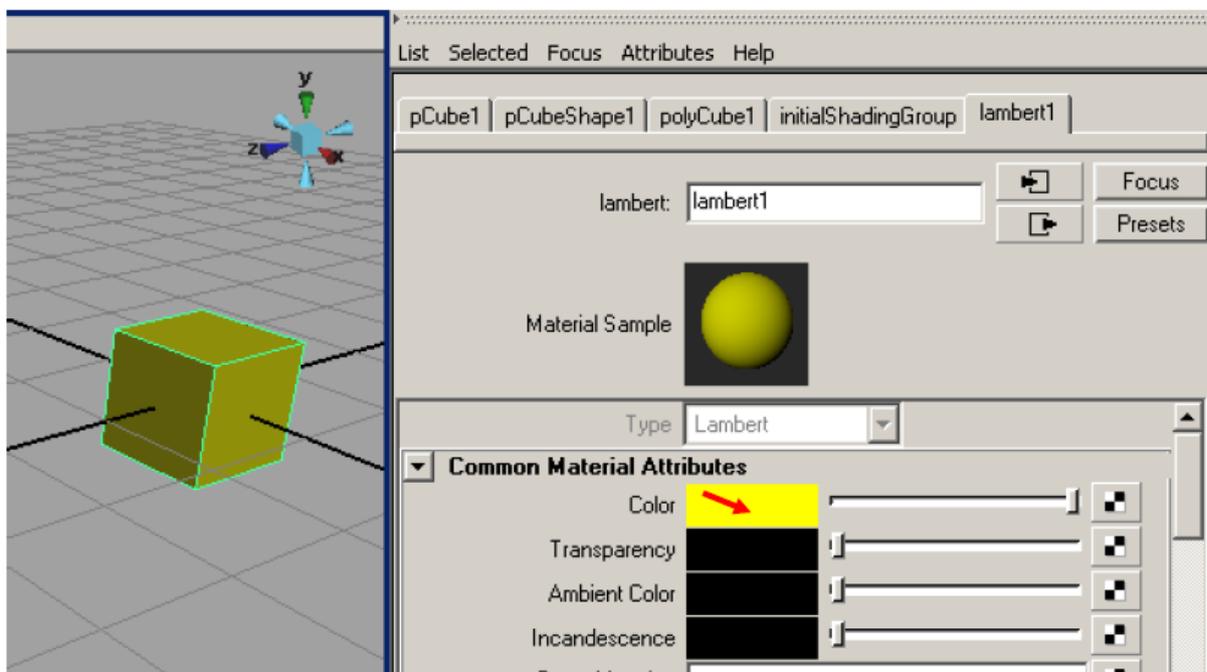


Figure 3.1.16 Exemple d'un Attribute Editor

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

III.14. Layer Editor

« Layer Editor » ou « Éditeur de Calques » permet d'organiser la scène en séparant les éléments, pour en cacher certains et gagner en visibilité et performances, les rendre désélectionnés. Ce qui permet ensuite de les éditer dans des calques dans un logiciel d'avoir des couleurs plus vives, etc [42]. (figure3.1.17)

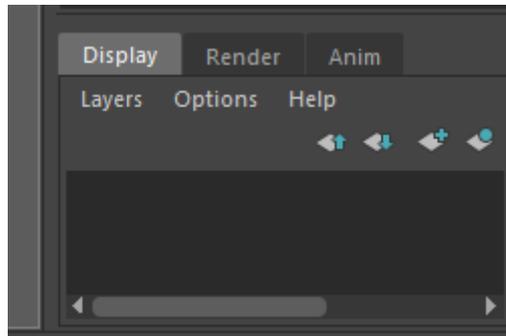


Figure 3.1.17 Layer Editor

III.15. bis- Hotbox

La Hotbox est un menu caché de Maya. Pour le faire apparaître, il appuyer longtemps sur la barre d'espace pendant que la souris est au-dessus de la scène 3D. Il affiche tous les menus accessibles depuis le menu principal pour tous les modes [40] (figure 3.1.18).

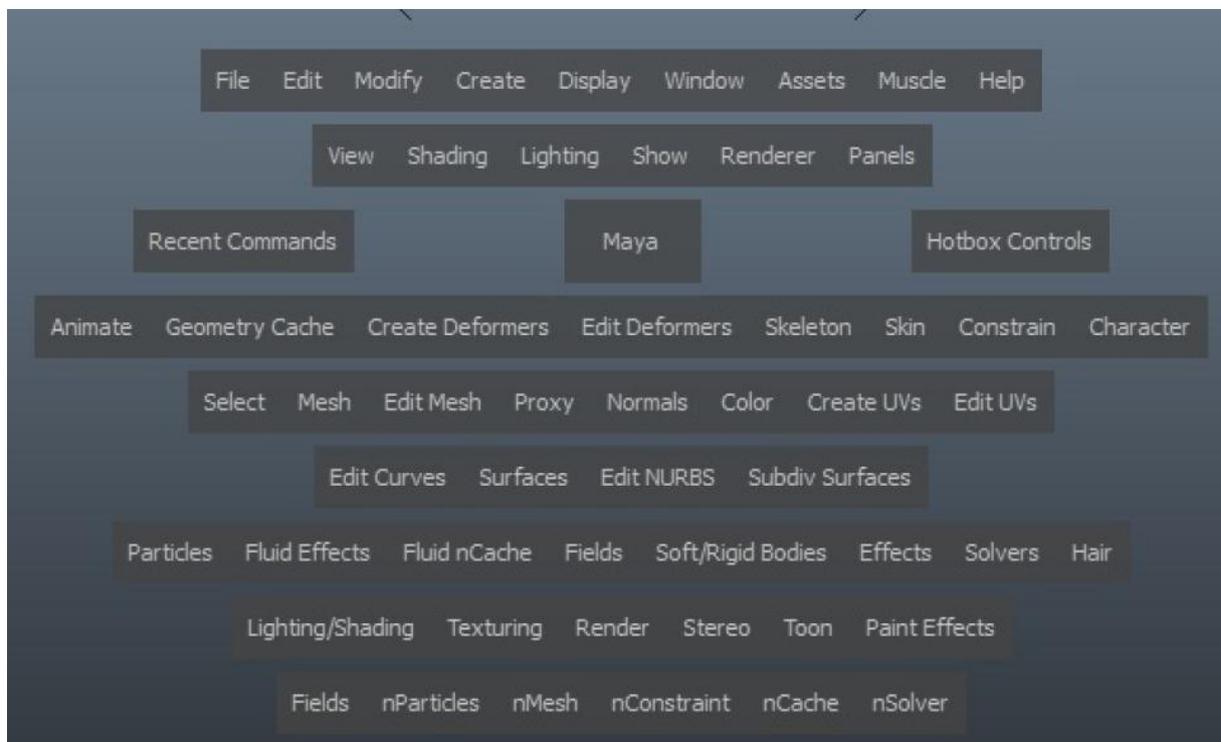


Figure 3.1.18 Hotbox

Partie 2 : Rendu et matériaux Physique \ Les effets spéciaux

Les objectifs de cette partie sont multiples comme le montre le titre, on parle tout d'abord des effets spéciaux puis matériaux et on termine avec le rendu.

Nous aborderons en particulier comment mettre en place l'éclairage à partir de différentes lampes, effectuer des rendus, contrôler la propagation de la lumière pour obtenir des éclairages indirects ou encore créer ou régler les matériaux (*shaders*).

I. Les effets spéciaux

Cette partie sur les effets spéciaux couvre des domaines très variés et contient beaucoup d'options, mais nous n'aborderons que l'essentiel.

On peut accéder au menu des effets spéciaux soit :

- par le « menu Status » Line où on trouve quelque options pour le sélectionner (figure 3.4, partie 1), et en particulier l'option Fx (figure 3.2.1.a), Ou bien
- par le menu « Shelves » (figure 3.2.1.b).



(a)



(b)

Figure3.2.1 Menu des effets spéciaux, option Fx(a) menu shelves(b).

I.1 Effets spéciaux pré créés

Nous allons voir quelque effets pré crée tel que :

- *le feu "Fire", ensuite la génération de feu d'artifice,
- *les éclairs,
- *la décomposition de polygones.

I.1.1 Enflammez les polygones avec « Fire »

Dans le menu *Effects* (figure3.2.2), on peut enflammer, décomposer un polygone en plusieurs morceaux, créer des éclairs ou bien même générer un magnifique feu d'artifice !

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

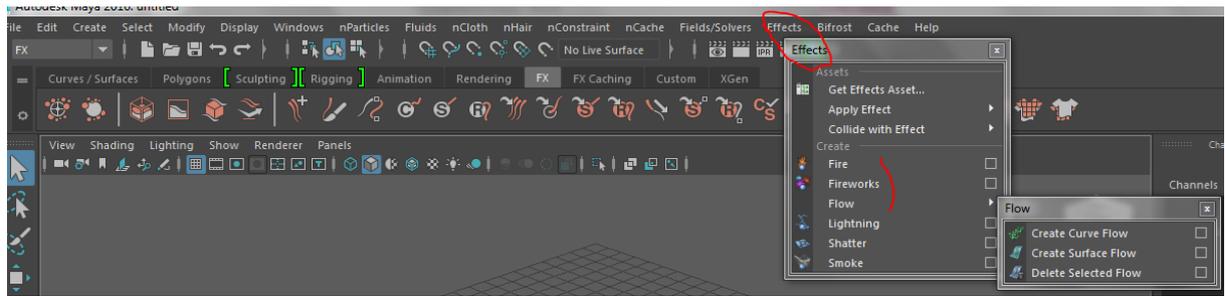


Figure 3.2.2 Les effets de feu

Pour appliquer l'effet *Fire* il faut sélectionner un polygone, (et un seul sinon ça ne fonctionne pas sauf en les combinez avec (Mesh -> Combine)), et cliquer sur l'effet "Fire"[42] (figure 3.2.3 et 3.2.4 /vidéo3.2.1). Enfin, il faut cliquer sur play dans la *time line* pour voir grandir et s'animer les flammes. Notez toutefois que Fire ne s'applique que sur des polygones, il ne fonctionne pas sur des surfaces NURBS.

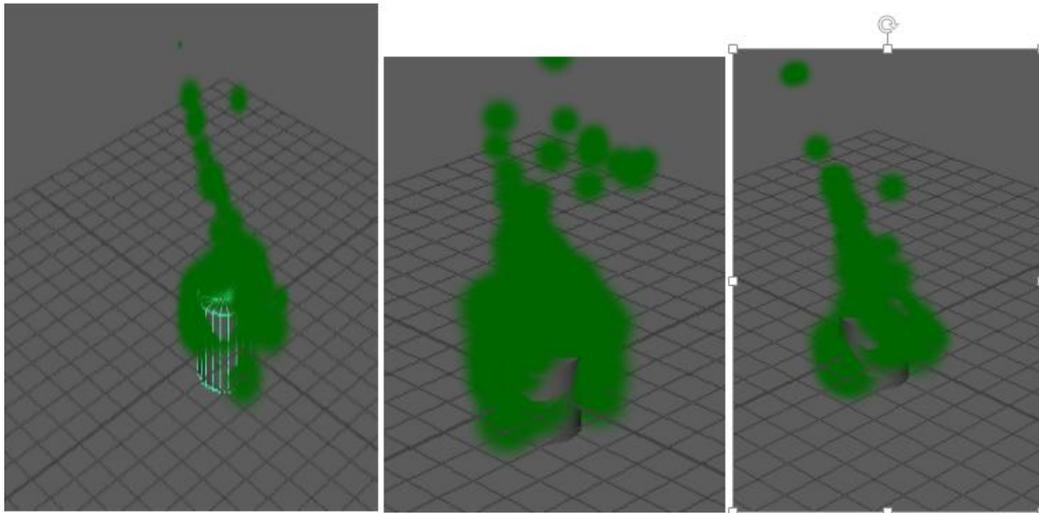


Figure 3.2.3 Application d'un feu sur un cylindre

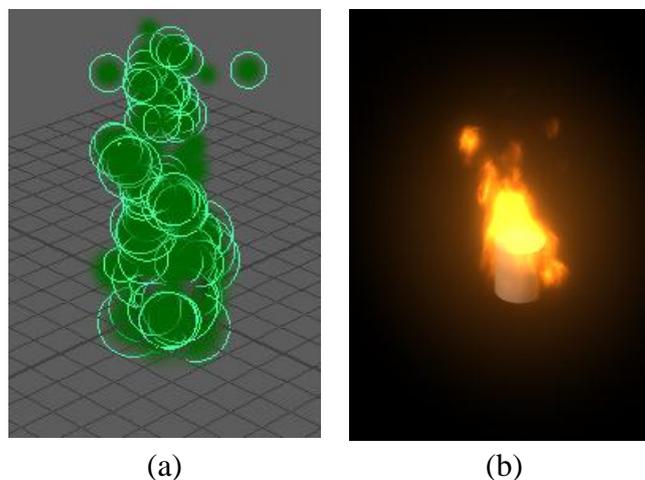


Figure 3.2.4 Forme du feu avant(a) et après (b) le rendu

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

I.1.2. Générez un feu d'artifice avec « Fireworks »

Pour générer un feu d'artifices il suffit de cliquer sur l'icône « fireworks » dans « Effects » comme vu précédemment avec l'effet Fire. Ceci va émettre les particules de feu d'artifice. Il faut alors lancer l'animation pour que l'effet apparaisse (figure 3.2.5, vidéo3.2.2).

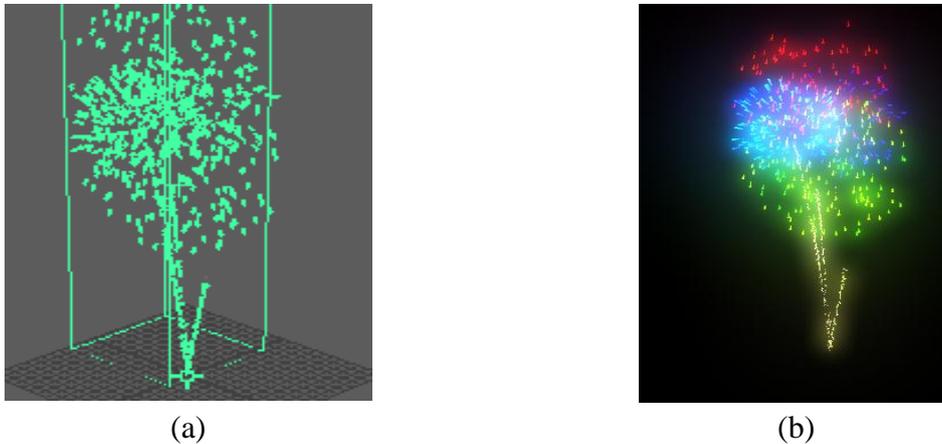


Figure 3.2.5 L'effet fireworks avant(a) et après (b) le rendu.

I.1.3. Générez des éclairs avec « Lightning »

L'effet lightning crée un éclair entre deux polygones (figure 3.2.6 et 3.2.7/ vidéo3.2.3). Lorsque vous déplacez les polygones, l'éclair s'adapte, il s'allongera, s'orientera, etc. tout en ondulant sa forme. L'éclair tout comme le fire et fireworks s'anime automatiquement [42].

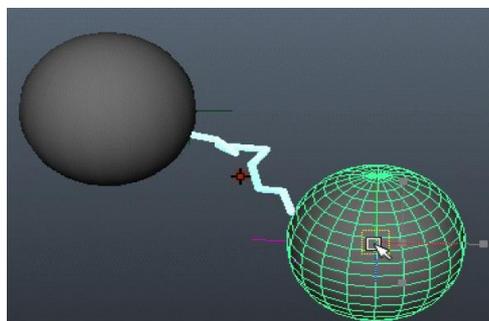


Figure 3.2.6 Présence de l'éclair entre deux polygones

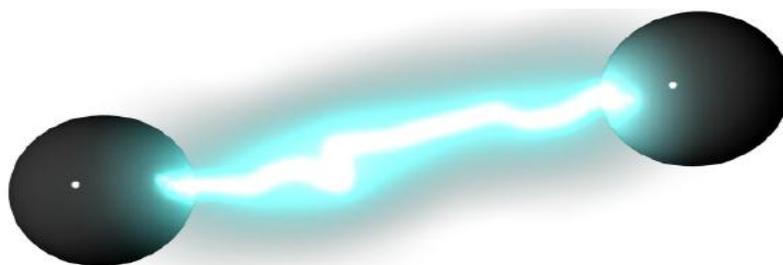


Figure 3.2.7 Le rendu de l'éclair

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

I.1.4. Briser avec « Shatter »

Le *shatter* va découper un polygone le long de ses arêtes (edges) et donc plus le maillage sera dense plus vous éviterez l'effet escalier.

Cependant gardez en tête que les objets solides qui se cassent donnent un effet "denté" donc l'effet escalier peut convenir.

Pour utiliser cet effet, il faut supprimer l'historique du polygone (Edit -> Delete by Type -> History) ; sélectionner le polygone et cliquez sur l'effet shatter (figure 3.2.8).

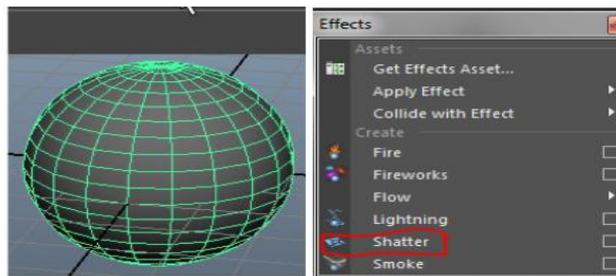


Figure 3.2.8 Application de l'effet Shatter sur un polygone

On peut alors briser le polygone de trois façons (figure 3.2.9 et 3.2.10).

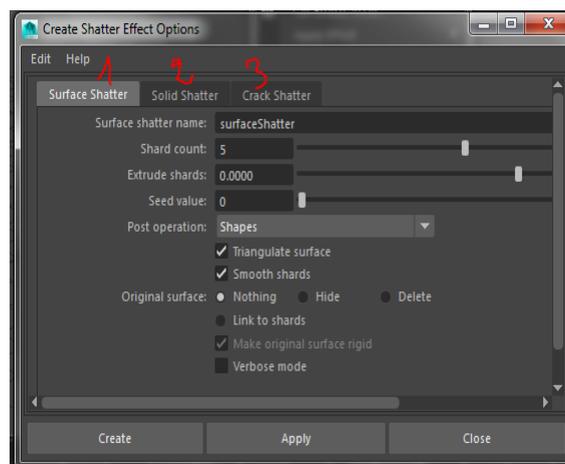


Figure 3.2.9 Les choix qui existent pour briser le polygone

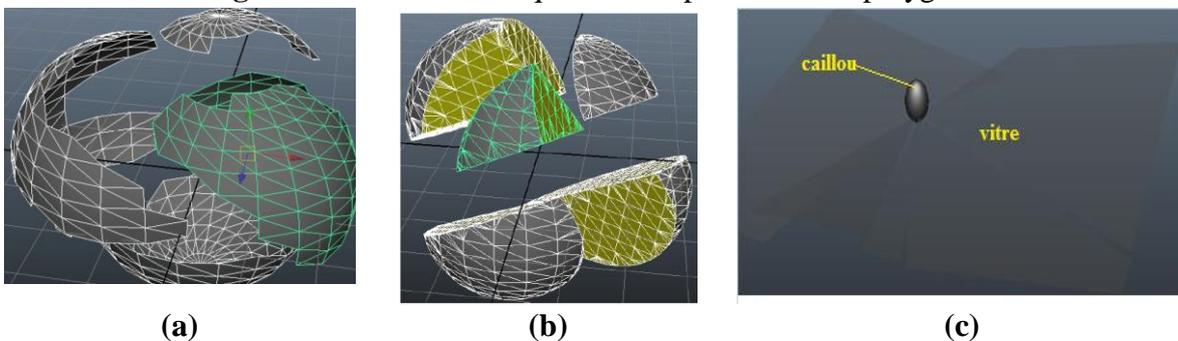


Figure 3.2.10. Résultat d'un Surface Shatter (a) d'un Solid Shatter (b) et d'un crack shatter (c)

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

I.2 Les nParticles

Les particules servent à créer de petites formes souvent affichées en très grand nombre, à partir de cercles opaques, on peut obtenir un gaz, fumé, nuage, etc. On peut également utiliser des solides pour faire tomber des flocons de neige par exemple.

Le moteur physique permettra d'ajouter aussi du vent, des turbulences de la gravité...

I.2.1 Particules / nParticles lequel choisir ?

Un moteur physique dans un logiciel de 3D se nomme un "solver", parce qu'il doit résoudre un problème physique à l'aide d'algorithmes. Nous avons le solver vieillissant "**Dynamotion**" qui existe depuis la toute première version de Maya et le nouveau "**Nucleus**". Ce dernier gère de plus en plus de modules de Maya [42].

A titre d'exemple avec Nucléus nous n'aurons pas besoin d'ajouter du vent pour animer le feu contrairement à l'ancien moteur. Autre avantage de **Nucleus** c'est qu'on peut convertir les nParticles en polygone ce qui sert à simuler un liquide ; chose qu'on ne peut pas faire avec les Particules de Dynamotion.

Comme nous avons deux solvers, nous avons deux menus. Dans le Menu *Status Line* à partir de menu déroulant à gauche nous pourrions accéder à quelques options, Parmi lesquels "Dynamics" (Dynamotion) et "nDynamics" (Nucleus). Une fois le choix fait une partie du menu principale change (figure 3.2.11).



Figure 3.2.11 Les menus de Nucleus et Dynamotion

I.2.2 Preset d'émission et d'apparence

Avant de commencer, il faut se placer en mode de lecture "Play Every Frame" et non "Real-time [24 fps]". En effet, en mettant 24 FPS (frame par seconde), Maya sautera des frames pour avoir la simulation en vitesse réelle, le problème c'est qu'en sautant des frames la simulation ne se fera pas correctement [42].

Vérifier également que l'animation n'est pas jouée en boucle en mettant Looping sur « Once » (figure 3.2.12).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

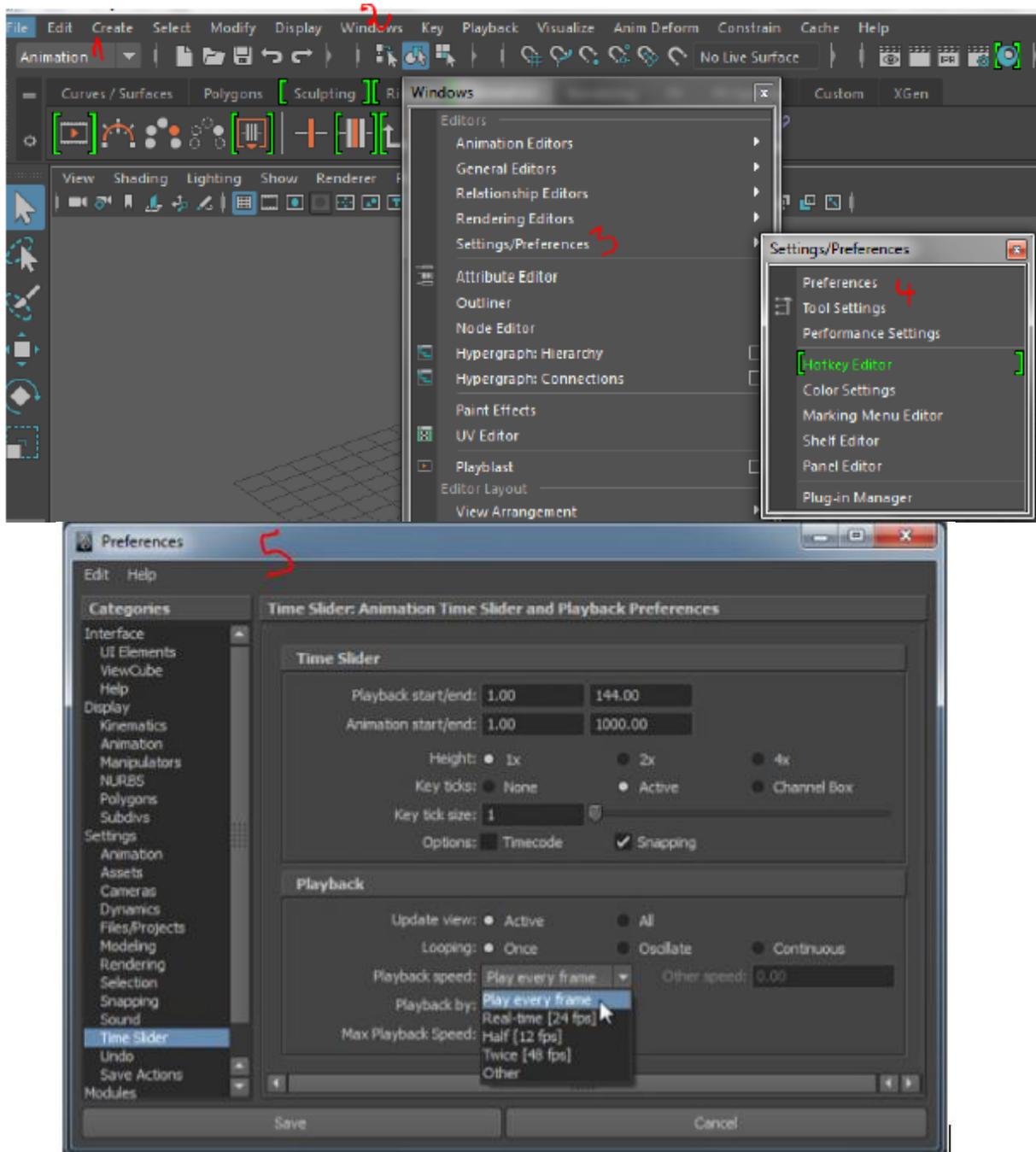


Figure.3.2.12 Les étapes à suivre pour régler le mode de lecture

Dans le menu « particules ». Aller ensuite dans « Create nParticles », plusieurs choix sont proposés : le type « emitter » et les presets d'apparence des particules (figure 3.2.13, cadre rouge).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

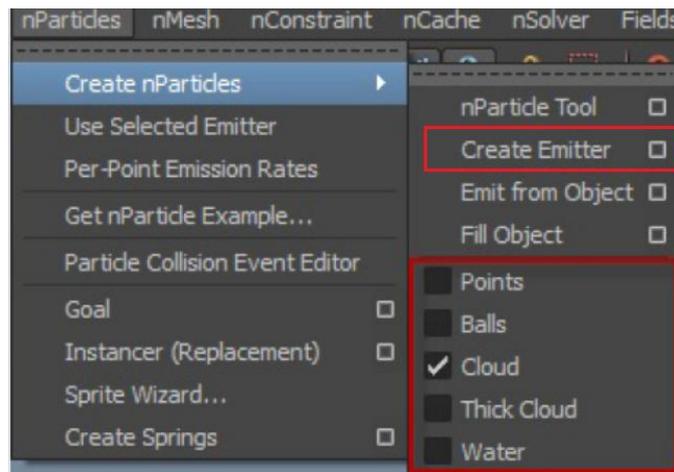


Figure.3.2.13 Menu de nParticles

Nous allons commencer par le plus basique le « Create Emitter ». Il s'agit d'une entité qui va faire apparaître des particules et les propager au fil du temps dans toutes les directions.

Il existe différents *presets* d'apparence, on trouve par défaut est le « Cloud » (nuage) (figure 3.2.14).



Figure 3.2.14 Create Emitter d'une particule, de type Cloud

Dans les options de nParticles on peut leur demander d'ignorer la gravité et/ou d'ignorer le vent (figure 3.2.15), excepté dans le preset « Points » lui n'ignore pas la gravité de Nucleus ;



Figure.3.2.15 Présence de gravité

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

Les nParticles tombent à l'infini vers le bas. Pour qu'ils ignorent la gravité, aller dans l'attribut editor, dans l'onglet nParticleShape1 (forme des nParticles). Dans "Dynamic Properties" cochez "Ignore Solver Gravity" (figure 3.2.16/ vidéo3.2.4).

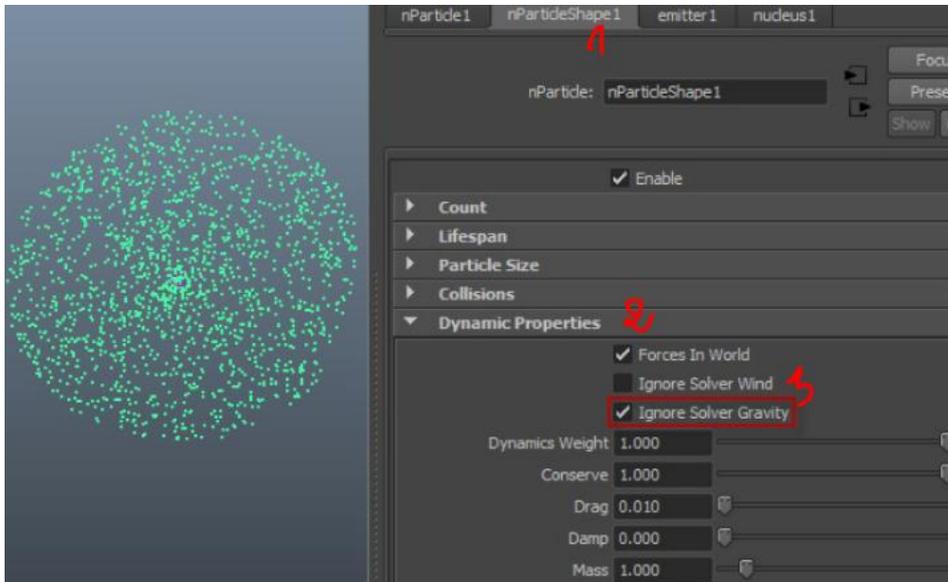


Figure.3.2.16 Réglage les paramètres (gravité ; vent) de nPrticules

Le Thick Cloud ressemble beaucoup au Cloud à première vue, le comportement des particules est exactement le même. Ce qui change c'est que chaque particule se charge d'un Fluid ou d'une boule de gaz ce qui permet de faire, par exemple, de la fumer plus détaillé et réaliste. En contrepartie il faudra multiplier au moins par 10 le temps de rendu par rapport au Cloud classique (figure 3.2.17).

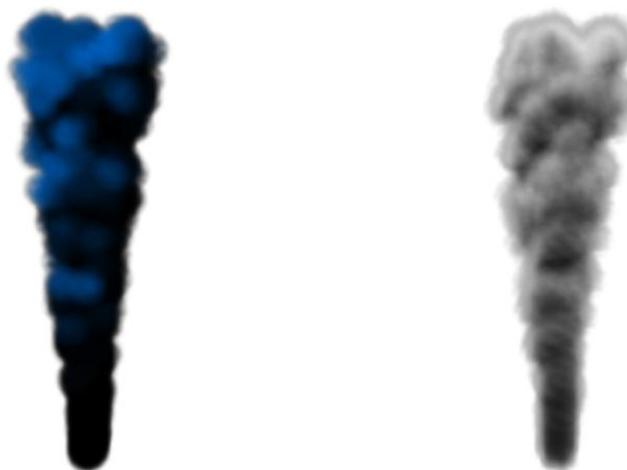


Figure 3.2.17 "Cloud" à gauche et "Thick Cloud" à droite

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

I.2.3 Emettre à partir d'un objet

I.2.3.a Emettre à partir d'un polygone/surface

N'importe quel polygone ou surface peut être une source d'émission de particules. Généralement on utilisera des formes plates pour diffuser les particules un peu partout. Ça peut servir à faire tomber de la neige. Par exemple on a créé un plan puis on choisit nParticles -> Create nParticles -> Emit from Object (figure 3.2.18).

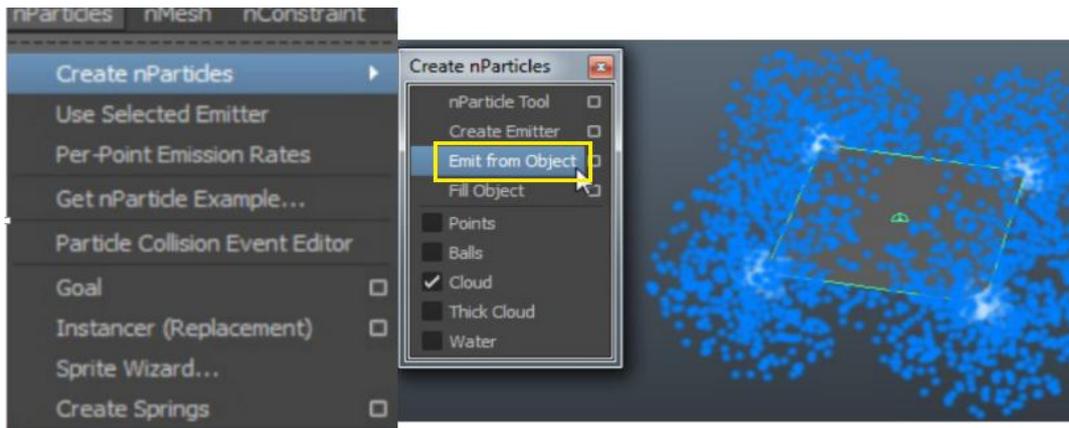


Figure 3.2.18 Emission de particules à partir d'une surface

Le type d'emitter par défaut est en mode "Omni" (omnidirectionnel = qui émet dans toutes les directions). Avec ce mode chaque vertex émettra des particules. On s'en sert très rarement, la majorité du temps on utilise le mode "Surface» (figure 3.2.19).

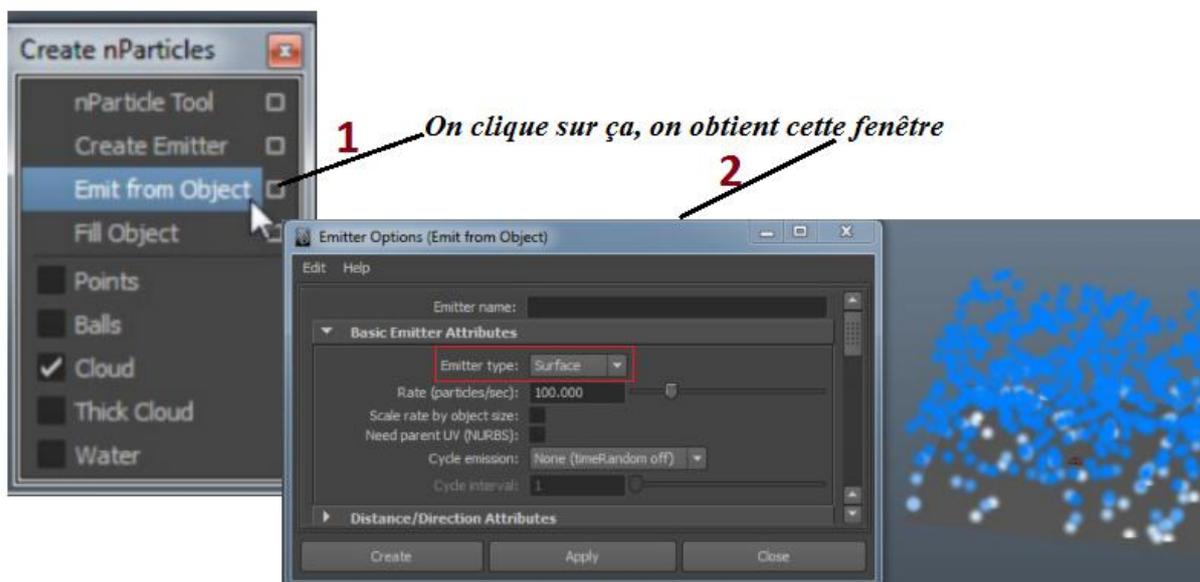


Figure.3.2.19 Options d'un emitter

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

Les presets continuent à opérer de la même façon. Comme un autre exemple, les balles (balls) émises depuis une surface entrent en collision entre elles et sont soumises à la gravité du solver (figure 3.2.20).

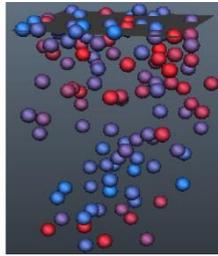


Figure.3.2.20 Presets de type *ball*

I.2.3.b Emettre à partir de particules

On peut émettre des particules à partir de particules, cela permet de simuler une explosion. Comme les particules se repoussent entre elles, celle qui émet se déplacera.

Pour réaliser cette opération, sélectionner les particules puis choisir « Emit from Object », (figure 3.2.21)

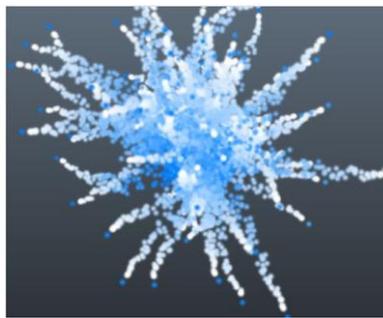


Figure 3.2.21. Exemple d'une émission à partir de particules

I.2.4 Fill Object

Le fill object remplit un polygone de particules en choisissant : nParticles -> Create nParticles -> Fill Object (figure 3.2.22).

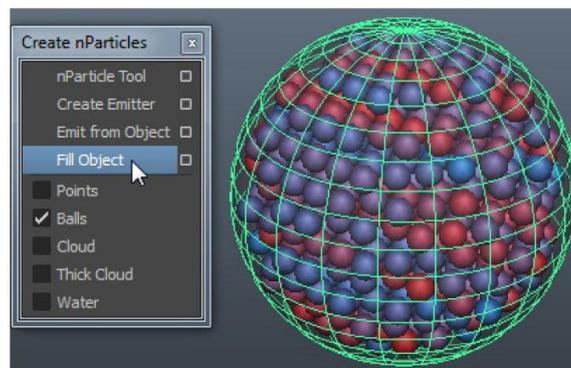


Figure.3.2.22 Exemple de l'option Fill Object

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

I.2.5 nParticle Tool

Le nParticles tool permet de placer manuellement des particules, il est très rarement utilisé (figure 3.2.23).

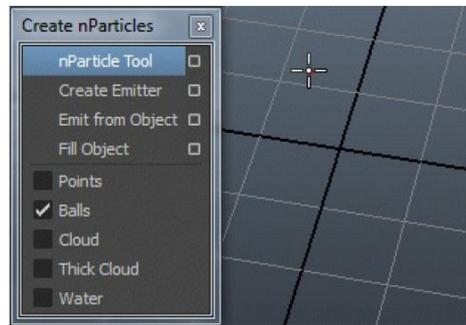


Figure 3.2.23 Exemple de l'option nParticles tool

I.2.6 Les paramètres d'émission

Après avoir vu différents *presets* d'émission et d'apparence des particules, voyons plus en détail comment paramétrer l'émission. Nous allons voir les principaux des paramètres : la direction, les particules émises par seconde, la vitesse de propagation et la durée de vie.

I.2.6.a La direction des particules

Par défaut les particules sont émises dans toutes les directions avec « omni ».. On peut changer le type d'émission dans les options de l'emitter dans « Basic Emitter Attributes » qui se trouve dans l'Attribute Editor. La figure 3.2.24 illustre le choix « Directionnel ».

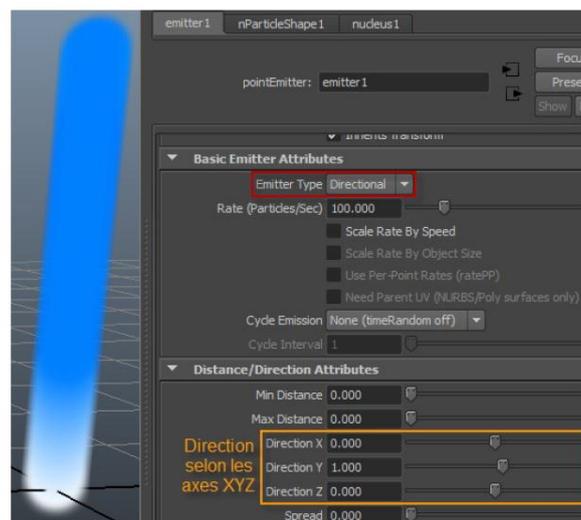


Figure 3.2.24 Choix d'une émission directionnelle de particules (emitter / configuration de direction)

On peut alors paramétrer la direction selon l'application (figure 3.2.25).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

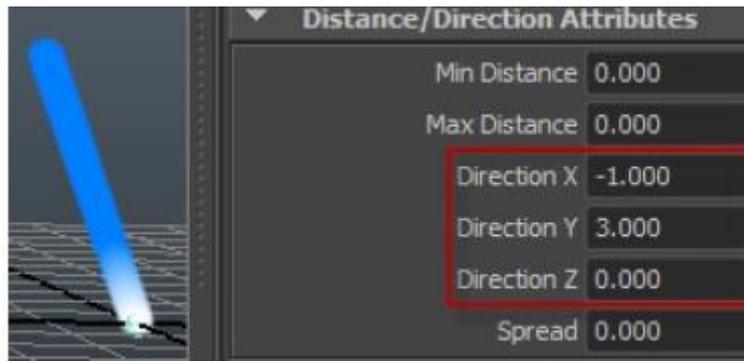


Figure 3.2.25 Choix des paramètres de la direction

Notons également le paramètre spread (éparpillé) qui va diffuser les particules sous forme d'un cône, une application adéquate au feu. Une petite valeur telle que 0.1 suffit (figure 3.2.26).

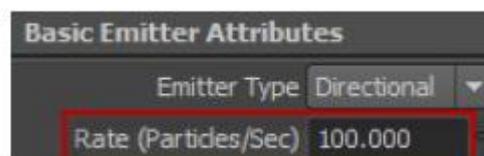


Figure 3.2.26 Modification du paramètre *spread*.

I.2.6.b Fréquence d'émission des particules (Rate Particles/Sec)

Dans le menu Basic Emitter attributes, on peut changer le paramètre « Rate (Particles/Sec) » qui est fixé par défaut à 100 particules sont émises par seconde sur les 24 frames.

A titre d'exemple, nous avons réalisé une image avec différentes valeurs de Particles/Sec. La simulation se fait sous 400 frames (environ 20 secondes) (figure 3.2.27, vidéo 3.2.2).



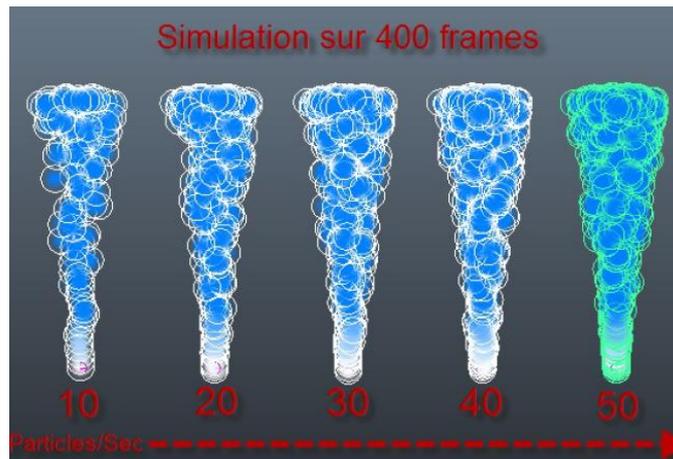


Figure 3.2.27 Modification du paramètre fréquence (Rate).

I.2.6.c Speed (vitesse)

De la même manière que précédemment, on peut régler la vitesse d'émission des particules (figure 3.2.28).

Il faut noter que plus les particules iront vite plus la distance parcourue est grande, il en va de même pour l'espace entre particules (figure 3.2.28).

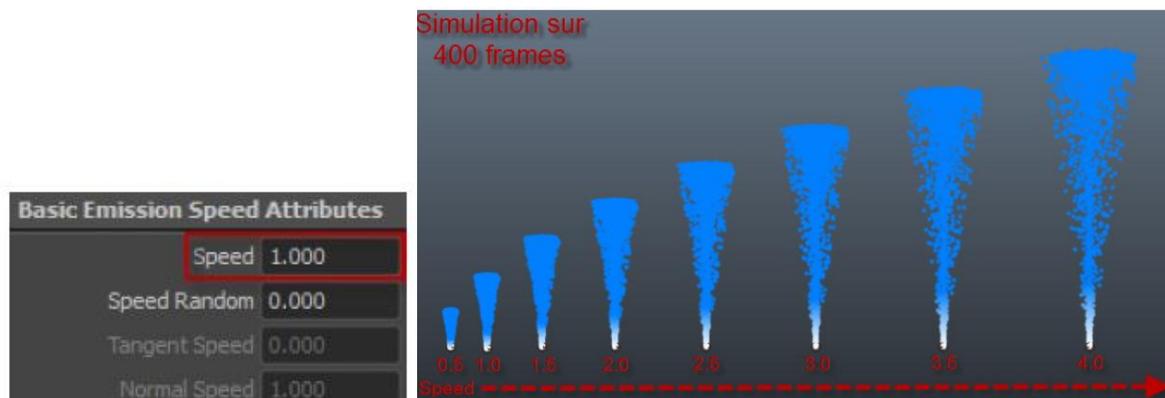


Figure 3.2.28 Modification du paramètre vitesse (speed)

I.2.6.d Durée de vie

Le dernier paramètre permet de régler une durée de vie des particules. C'est le choix du nombre de secondes de la présence d'une particule après quoi, elle va disparaître (figure 3.2.29).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

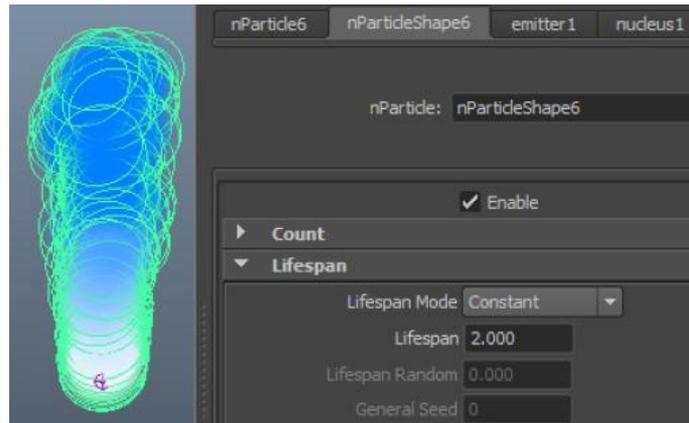


Figure 3.2.29 Réglage du paramètre duré de vie (Lifespan : mode constant, 2 secondes)

Avec le mode constant (Lifespan : Constant), chaque particule aura la même durée de vie, il est préférable d'indiquer un intervalle de valeurs. Pour cela il faut choisir le mode Random range (aléatoire) et indiquer une durée de vie moyenne (figure 3.2.30).

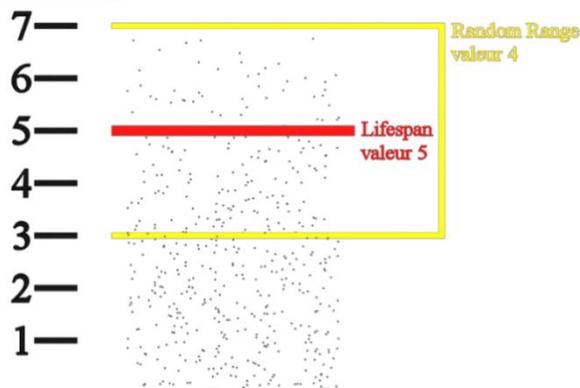
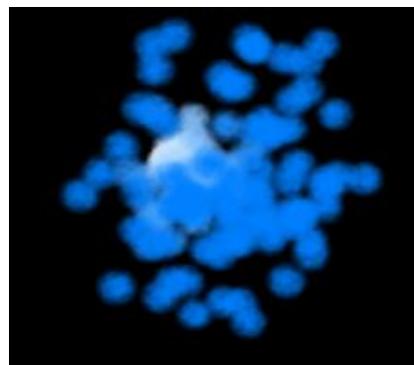
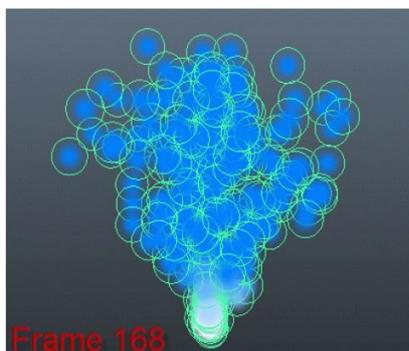
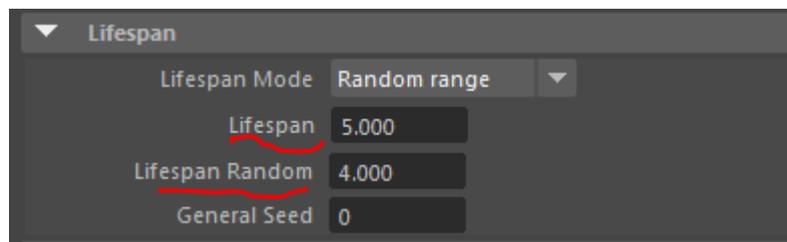


Figure 3.30. Réglage du paramètre duré de vie (Lifespan : mode random rang) (durée de vie moyenne 5 s, intervalle de 4 s soit une durée de vie comprise entre 5-2 et 5+2)

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

I.2.7 Les paramètres d'apparence

Ces paramètres concernent la taille, les couleurs, l'opacité et l'incandescence des particules.

I.2.7.a Particle Size (Taille)

Régler la taille signifie en fait le réglage du diamètre (figure 3.2.31).

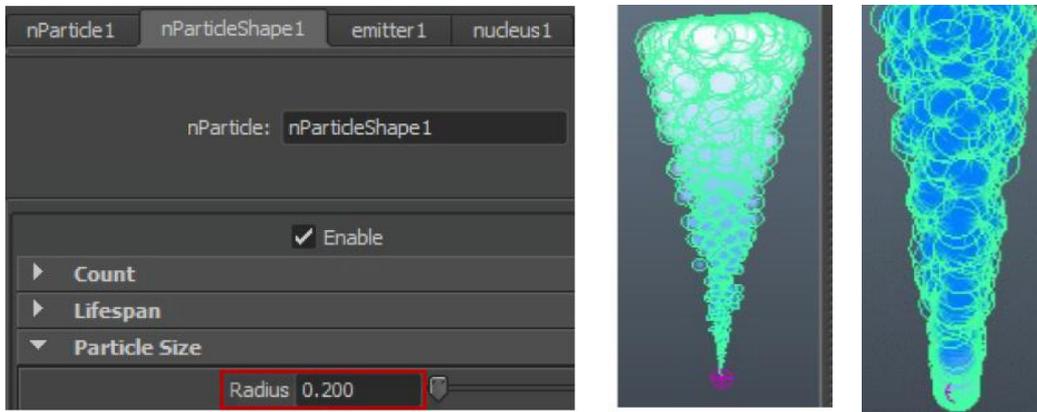


Figure 3.2.31 Réglage du paramètre taille (Size)

I.2.7.b Le shader (couleur, opacité et Incandescence)

➤ Opacity

On peut régler l'échelle de l'opacité avec par exemple un choix en dégradé (figure 3.2.32).

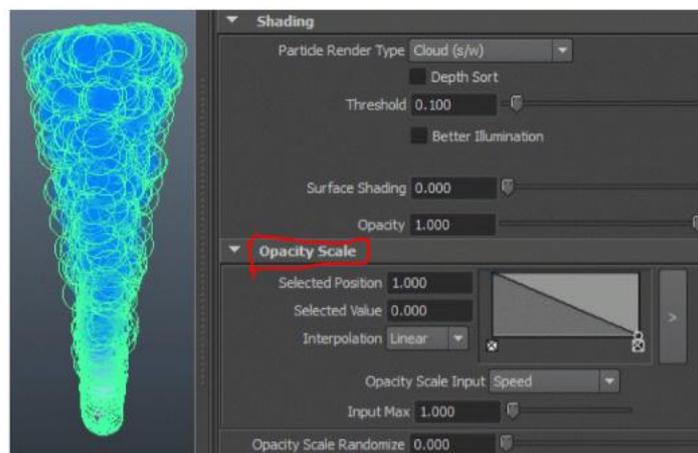


Figure3.2.32 Réglage du paramètre opacité

➤ Color

La couleur se règle de la même façon. On peut choisir diverses couleurs pour le dégradé. Par défaut nous avons du bleu et blanc (figure 3.2.33).

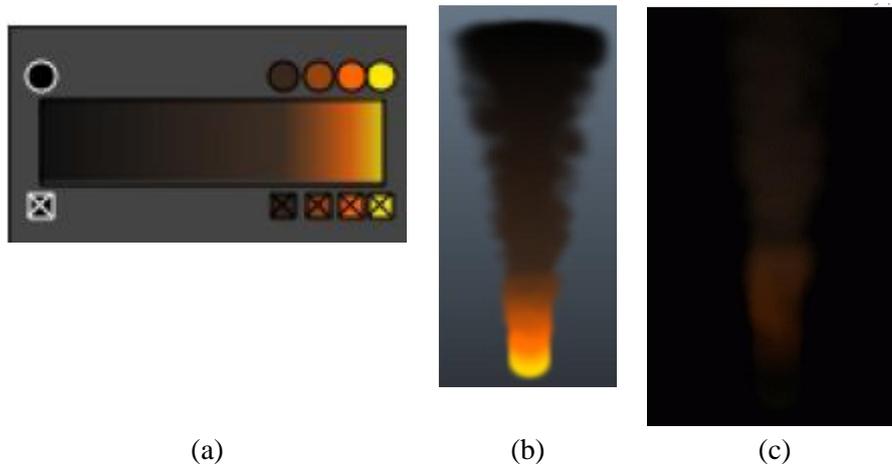


Figure 3.2.33 Régalage de la couleur (régale (a), application (b) rendu (c)).

➤ *Incandescence*

Pour avoir un meilleur rendu il est préférable de garder la couleur en nuances de gris et choisir le paramètre incandescence (figure 3.2.34).

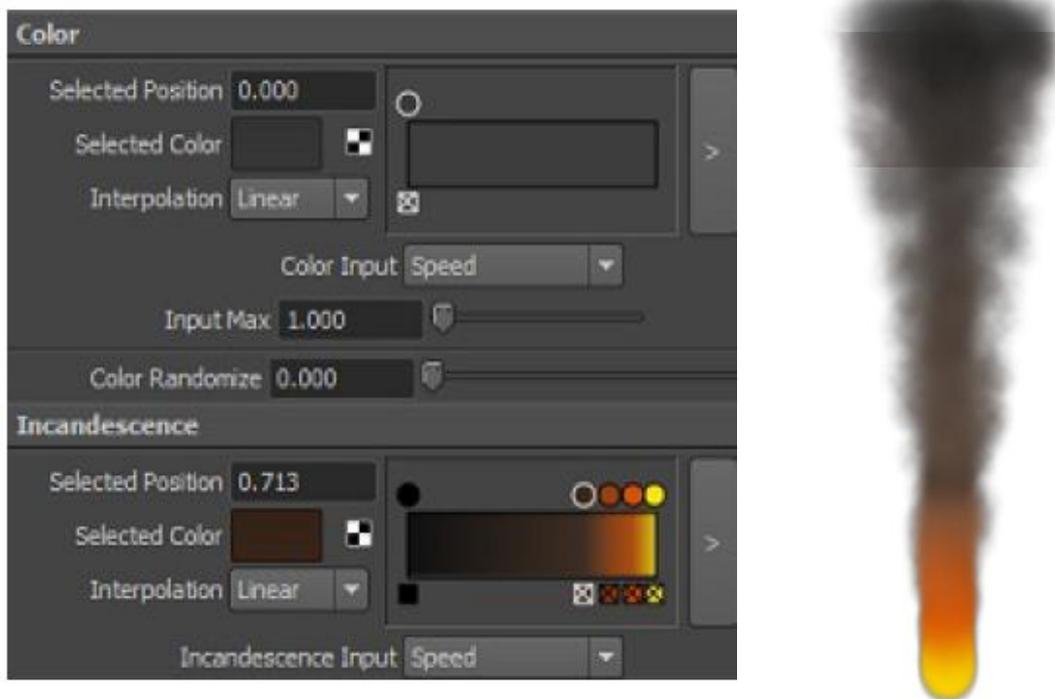


Figure 3.2.34 Simulation de feu avec fumée en réglant les paramètres incandescence.

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

II. Rendu et matériaux

Dans ce volet nous allons aborder les notions d'éclairage « Lighting » de rendu « Rendering » et l'ombrage avec le « Shading ».

II.1 Différents types d'éclairages et configurations

Nous allons d'abord voir comment mettre en place l'éclairage, avec le choix d'une lampe et le réglage de ses paramètres. Un bon éclairage est très important à prendre en compte pour bien exposer les éléments qui composent la scène ainsi. Ce qui permet d'avoir un rendu plus attrayant et plus réaliste.

II.1.1 Les différentes sources lumineuses

Maya propose un ensemble de types de lampes que l'on peut ranger en trois catégories, [42]. :

- les lampes omnidirectionnelles qui éclairent dans toutes les directions
- les lampes directionnelles comme les projecteurs qui éclairent un endroit précis
- l'éclairage indirect qui est provoqué par les rebonds de la lumière (faire rebondir la lumière demande un moteur de rendu et des paramètres spécifiques, Mental Ray permet cela).

II.1.2 Créer une lampe

On peut créer une lampe à partir du menu principal en choisissant Create -> Lights -> la lampe désirée, ou bien à partir du Shelf en cliquant sur Rendering (figure 3.2.35).

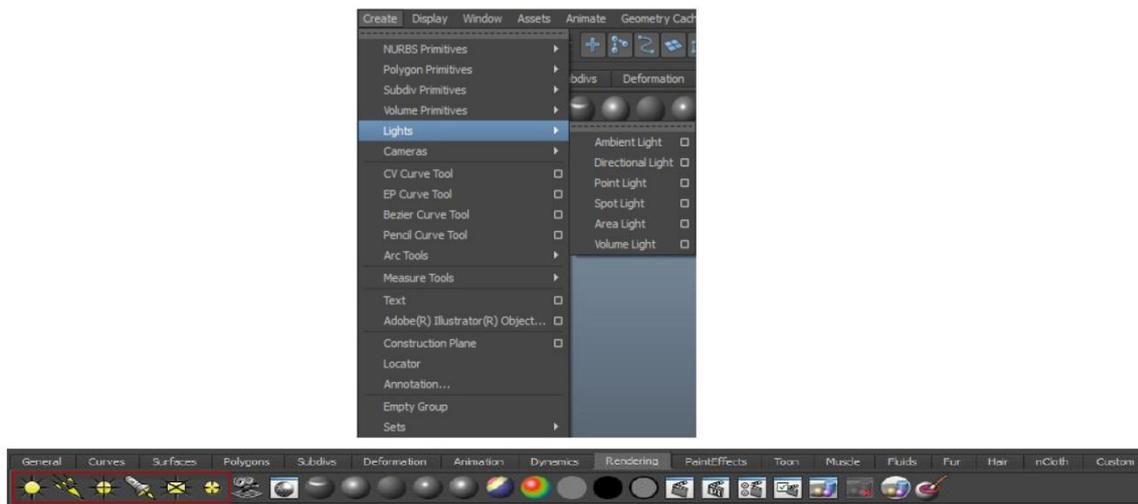


Figure 3.2.35 Créer une lampe

II.1.3 Les différentes lampes

Nous présentons ici les types de lampe avec leurs spécificités [42] :

➤ Ambient Light

L'Ambient Light représentée par un soleil éclaire globalement toute la scène. Elle permet d'illuminer un environnement extérieur (figure 3.2.36.a)

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

➤ Directional Light

La Directional Light n'a pas de point de départ donc peu importe l'endroit où on la place, seule son orientation compte. Cet éclairage est proche de l'éclairage émis par le soleil, il s'agit de la lampe qui convient le mieux pour les rendus extérieurs (figure 3.2.36.b)

➤ Point Light

Le Point Light éclaire de la même façon qu'une ampoule. La lumière se diffuse dans toutes les directions (figure 3.2.36.c)

➤ Spot Light

Le Spot Light éclaire de la même façon qu'un projecteur (figure 3.2.36.d)

➤ Area Light

L'éclairage de l'Area Light est très contrasté. Elle diffuse beaucoup de lumière. L'éclairage est émis que dans une seule direction (vérifier où se situe le petit trait qui indique l'orientation) (figure 3.37.e).

➤ Volume Light

Le **Volume Light** ressemble au Point Light sauf qu'on peut régler la portée de l'éclairage à partir d'une sphère qui l'englobe. Il faut varier l'échelle du Volume Light pour varier sa distance d'éclairage. (figure 3.2.36.f)

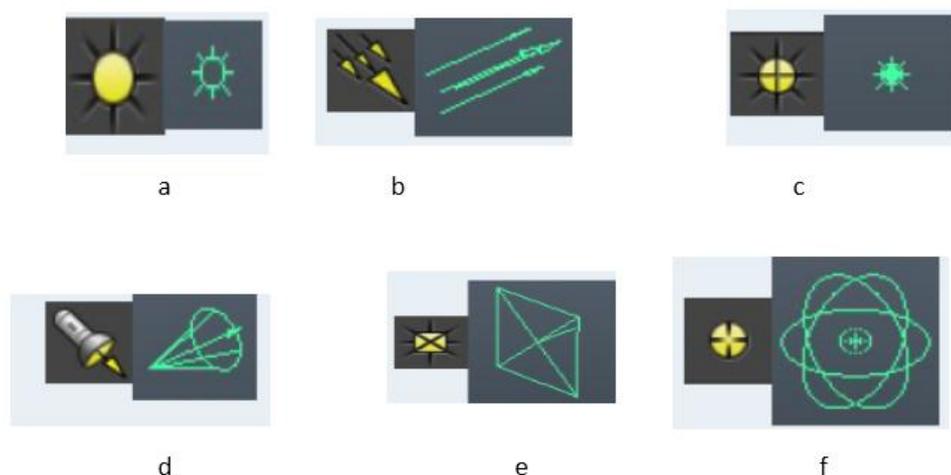


Figure 3.2.36 Différentes type de lampes

II.1.4 Paramètres principaux

Ce sont les principaux paramètres de l'éclairage, c'est-à-dire la couleur et l'intensité de la lumière. Commençons par créer la source *Point Light*. Comme ce fut précisé, tous les paramètres de l'objet sélectionné sont dans l'attribut Editor (figure 3.2.37.a)

II.1.4.a Couleur

Pour changer la couleur de la lampe, cliquer sur le carré blanc (couleur par défaut) près de Color, ce qui ouvrira le sélecteur de couleurs. Cliquez dans le cadre à droite pour choisir la couleur (figure 3.2.37.b).

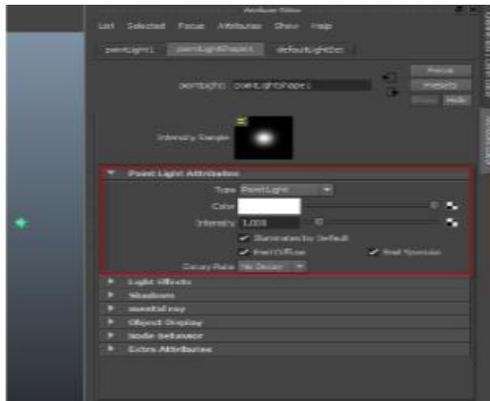
Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

II.1.4.b Intensité de la lumière

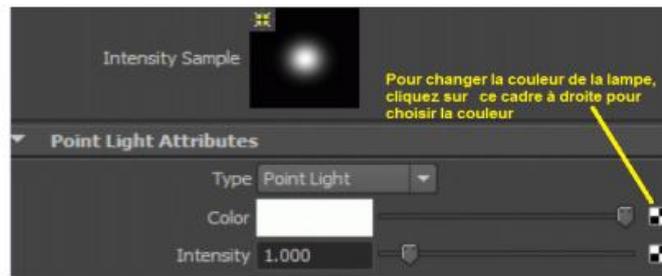
Pour régler l'intensité de l'éclairage, varier la valeur *Intensity* qui est par défaut 1 (figure 3.2.37.c).

II.1.4.c Les ombres

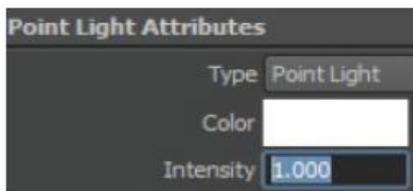
Passons au dernier paramètre, les ombres « Shadows » (figure 3.2.37.d).



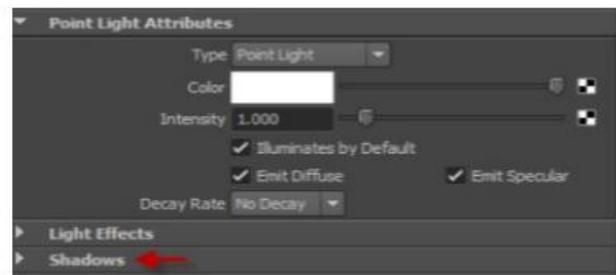
a



b



c



d

Figure 3.2.37 Les principaux paramètres de l'éclairage

II.2 Rendu

II.2.1 Rendu de l'éclairage

Nous allons faire un rendu d'une sphère et un plan en présence d'une source lumineuse (figure 3.2.38).

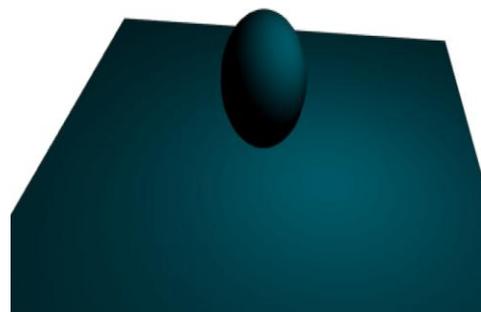
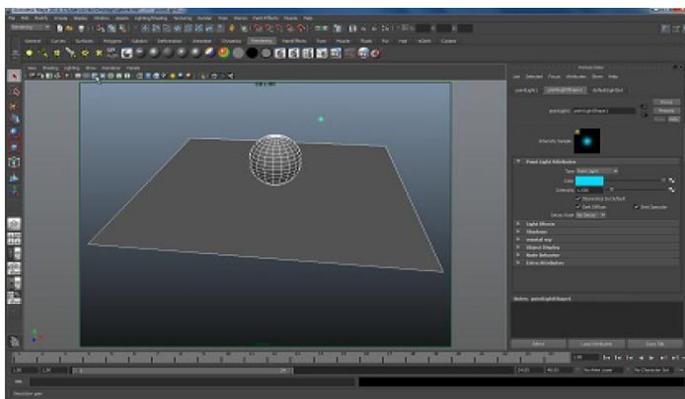


Figure 3.2.38 Exemple de rendu de l'éclairage

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

II.2.2 Faire un rendu interactif

Le rendu interactif est un rendu qui se met à jour après chaque modification dans la scène. Si on déplace la sphère ou si vous modifie un paramètre comme la couleur de la lampe, le rendu se mettra à jour, [42].

Pour faire un rendu interactif cliquer sur Render View, puis sur la fenêtre rendue cliquer sur « IPR ». Avec la souris esquisser la zone où le rendu interactif se fera, on peut sélectionner toute la zone de rendu (figure 3.2.39).

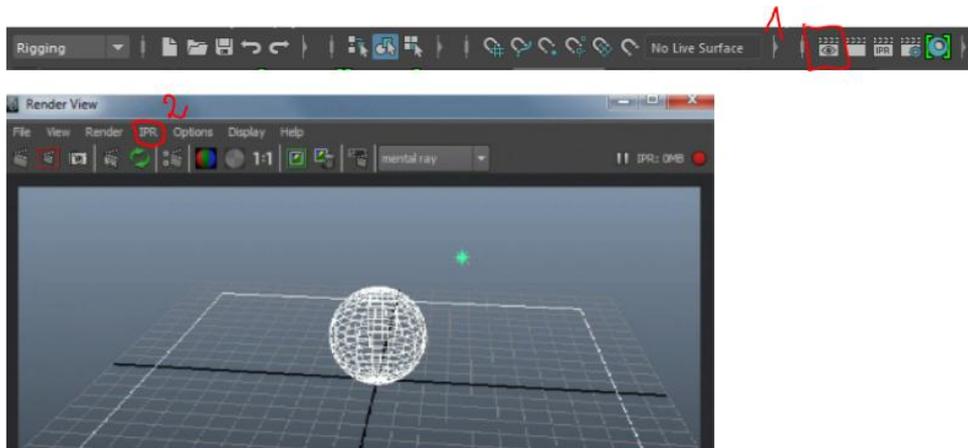


Figure 3.2.39 Etapes à suivre pour rendu interactif

II.2.3. Mise en place d'une caméra

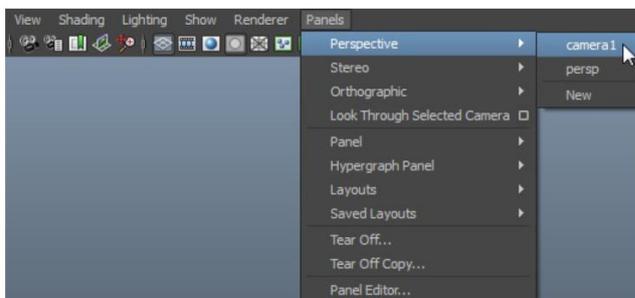
Pour garder le même angle de vue sur les rendus, il suffit d'ajouter une caméra. Pour cela, aller dans *shelf rendering* et cliquer sur la caméra (figure 3.2.40.a).

Pour passer en vue de caméra, faire Panels >> Perspective >> Camera1, (figure 3.2.40.b).

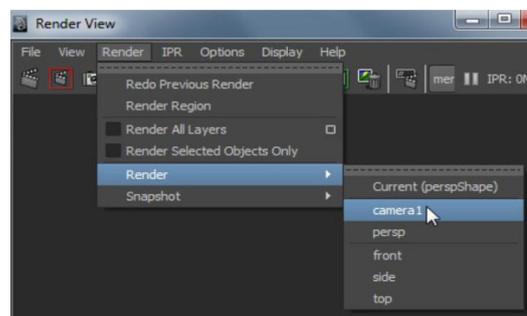
En effet, il faut indiquer à Maya que nous voulons utiliser comme point de vue pour le rendu la caméra et non pas la vue de perspective (vue par défaut pour les rendus) (figure 3.2.40.c).



(a)



(b)



(c)

Figure 3.2.40 Créer un angle de vue sur les rendus à l'aide d'une caméra

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

La figure 3.2.41, illustre le résultat du rendu qui est un petit peu sombre puisque les rayons ne rebondissent pas.

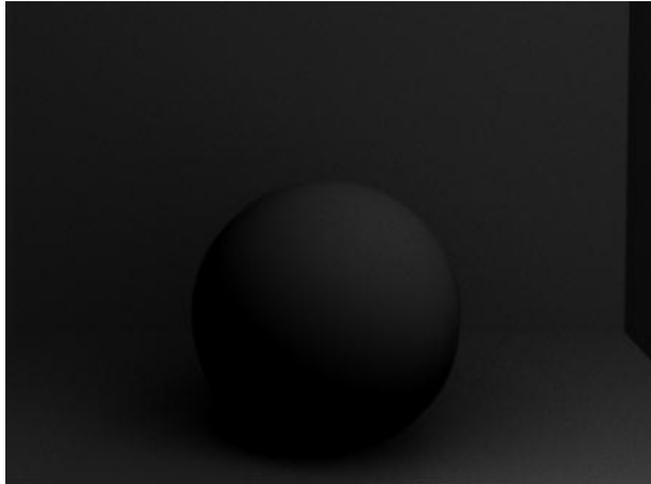


Figure 3.2.41 Rendu en présence d'une caméra

Pour résoudre ce problème, il faut modifier quelques paramètres de rendu, le plus important est d'activer le **Final Gathering**.

Le Final Gathering, aussi appelé Final Gather ou « FG », est la technique la plus communément utilisée pour faire rebondir les rayons. Il se trouve dans l'onglet « Indirect Lighting » (figure 3.2.42).

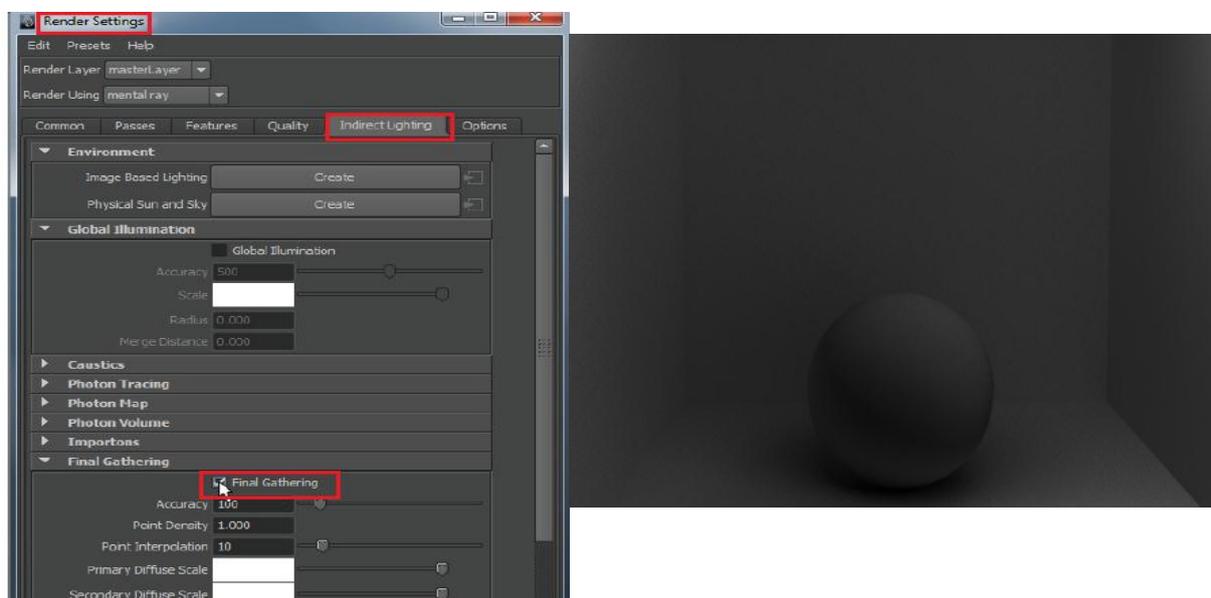


Figure 3.2.42 Rendu après l'activation de FG

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

II.3 Gérer les shaders et les paramétrer

Nous allons nous intéresser ici à la gestion des différents shaders créés à partir d'un gestionnaire de shader appelé **Hypershade** qu'on peut ouvrir en choisissant *Window -> Rendering Editors -> Hypershade*.

Cela permettra d'assigner aux polygones des shaders qui sont déjà créés. Il faut cependant, ajuster les paramètres pour faire varier l'aspect du shader. Nous allons découvrir le principal paramètre shader : le **Blinn** [42].

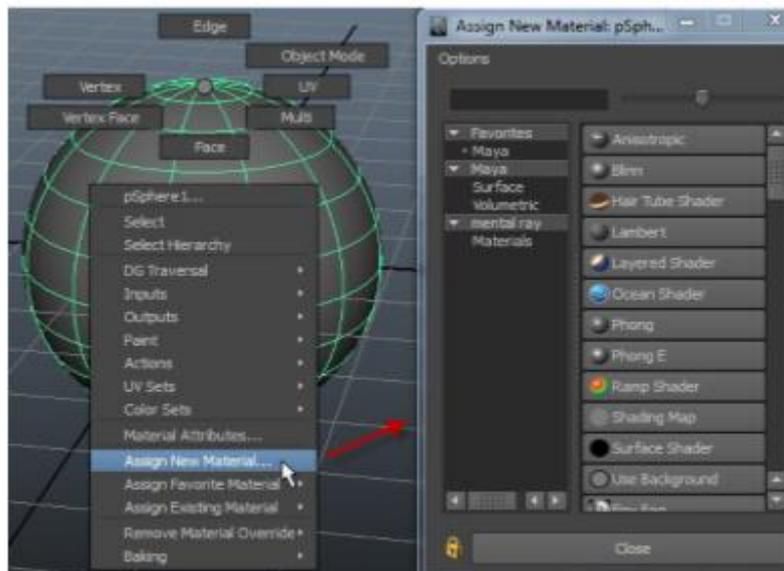
II.3.1 Banque de shaders et presets

Nous allons d'abord commencer par vous expliquer comment appliquer un shader à un polygone.

Les principaux shaders (ceux qui fonctionnent avec tous les moteurs de rendu) sont accessibles dans le shelf "Rendering". Pour assigner un shader, sélectionner un ou plusieurs polygones (dans notre exemple une sphère) et cliquer sur le shader à leur assigner. On peut aussi le faire à partir du **Marking Menu** (figure 3. 2.43).



(a)



(b)

Figure 3.2.43 Créer un Shader à partir du shelf Rendering(a) ou du Marking Menu (b).

II.3.2 Principaux shaders

- **Anisotropic**

La réflexion de la lumière du shader Anisotropic est comparable à la réflexion au dos d'un CD-Rom ou au satin (un tissu), (figure 3.2.44.a).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

- **Blinn**

Le shader Blinn est le plus souvent employé, car la gestion de sa brillance est facilement paramétrable. Il gère une multitude d'options comme la réflexion, la transparence ou encore l'émission de lumière. Il peut être utilisé pour du métal, du verre ou peut utiliser un polygone comme source lumineuse (figure 3.2. 44.b).

- **Lambert**

Le Lambert est le shader appliqué par défaut à tous les polygones dès qu'ils sont créés. Il a un aspect mat et ne gère pas la réflexion (figure 3. 2.44.c).

- **Phong**

Le shader Phong ressemble beaucoup au shader Blinn, les paramètres sont les mêmes. Son absorption de la lumière n'est pas vraiment la même, la lumière n'est pas reflétée de la même façon sur le polygone. Sur le Blinn, les points lumineux forment des cercles, avec le Phong ils sont ovales (figure 3.2. 44.d).

- **Phong E**

Le Phong E (E pour External) répartit la lumière sur la surface du polygone pour qu'il soit un peu plus illuminé qu'avec le Phong (figure 3. 2.44.e).

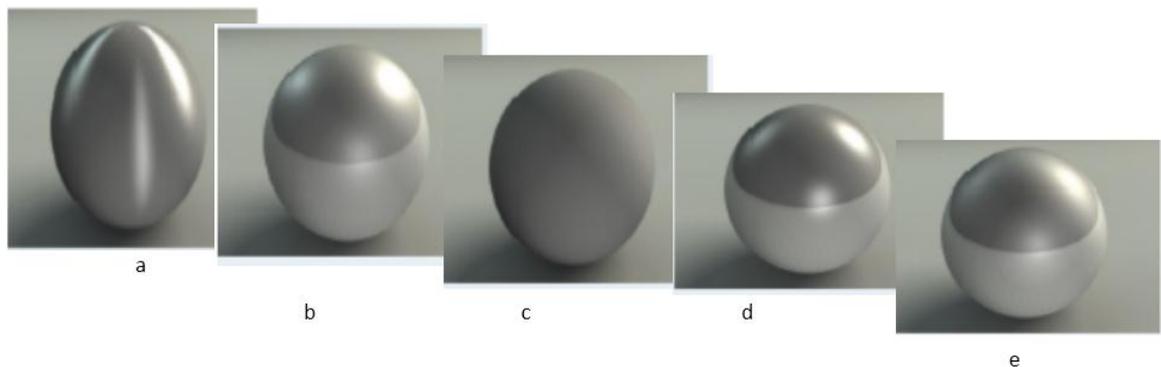


Figure 3.2.44 Les principaux shader : Anisotropic(a) ; Blinn(b) ; Lambert (c) ; Phong (d) ; Phong E (e).

II.3.3 Émettre de la lumière à partir d'un matériau

Le Blinn est un matériau, qu'on appelle aussi shader. Il permet de régler l'interaction avec la lumière d'un polygone ou de ses faces. Par exemple, le métal reflète plus de lumière que le bois. Le shader permet d'indiquer si le polygone doit refléter comme du métal ou du bois. Nous avons choisi le Blinn, c'est tout d'abord parce que c'est l'un des matériaux les plus répandus, il fonctionne avec tous les moteurs de rendu. C'est aussi parce qu'il permet d'émettre de la lumière ou encore de rendre un polygone réfléchissant comme un miroir.

En guise d'application, nous allons créer une surface qui va représenter un plafond, mettre sa couleur en blanc (pour émettre une lumière).

La seconde option que nous allons modifier est très importante. Elle s'appelle « Ambient Color », c'est l'intensité de la lumière diffusée, comme pour les lampes, et la troisième c'est

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

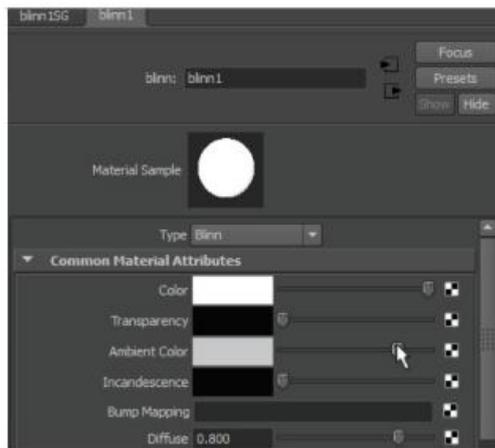
l'**Ambiant Color** de la surface, qu'on doit augmenter pour modifier l'intensité de l'éclairage. (figure 3.2. 45.a)

Pour avoir un meilleur contrôle, passons par le gestionnaire de shader **Hypershade**. « Window -> Rendering Editors -> Hypershade ». On obtient le shader Blinn, « blinn1 », (figure 3. 2.45.b), cliquer en dessus pour afficher les options dans l'attribut editor.

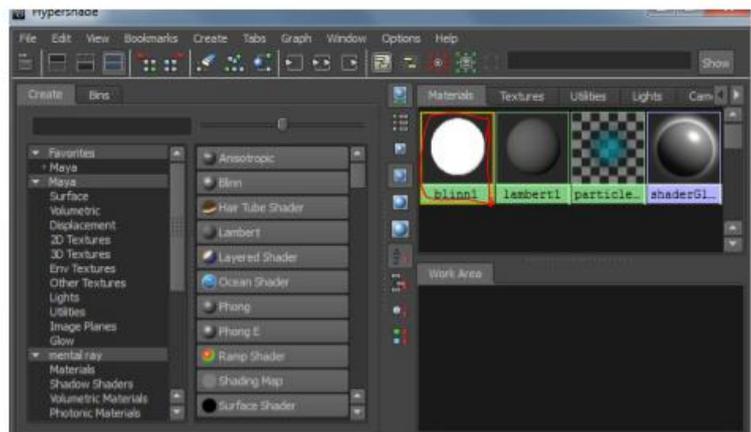
Nous allons entrer la valeur « 3 » manuellement parce que par défaut le curseur est limité entre 0 et 1, (figure 3. 2.45.c).

La dernière option est Réglage du **Final Gather**, dans les options du Final Gathering, la première option que l'on voit est « Accuracy », (précision) qu'on va augmenter un petit peu (figure 3.2. 45.d).

Enfin, pour prouver que la surface émet bien de la lumière, nous allons carrément supprimer la lampe et enlever l'éclairage par défaut (l'éclairage que projette la caméra quand il n'y a pas de lampe) (figure 3. 2.45.e).



a



b

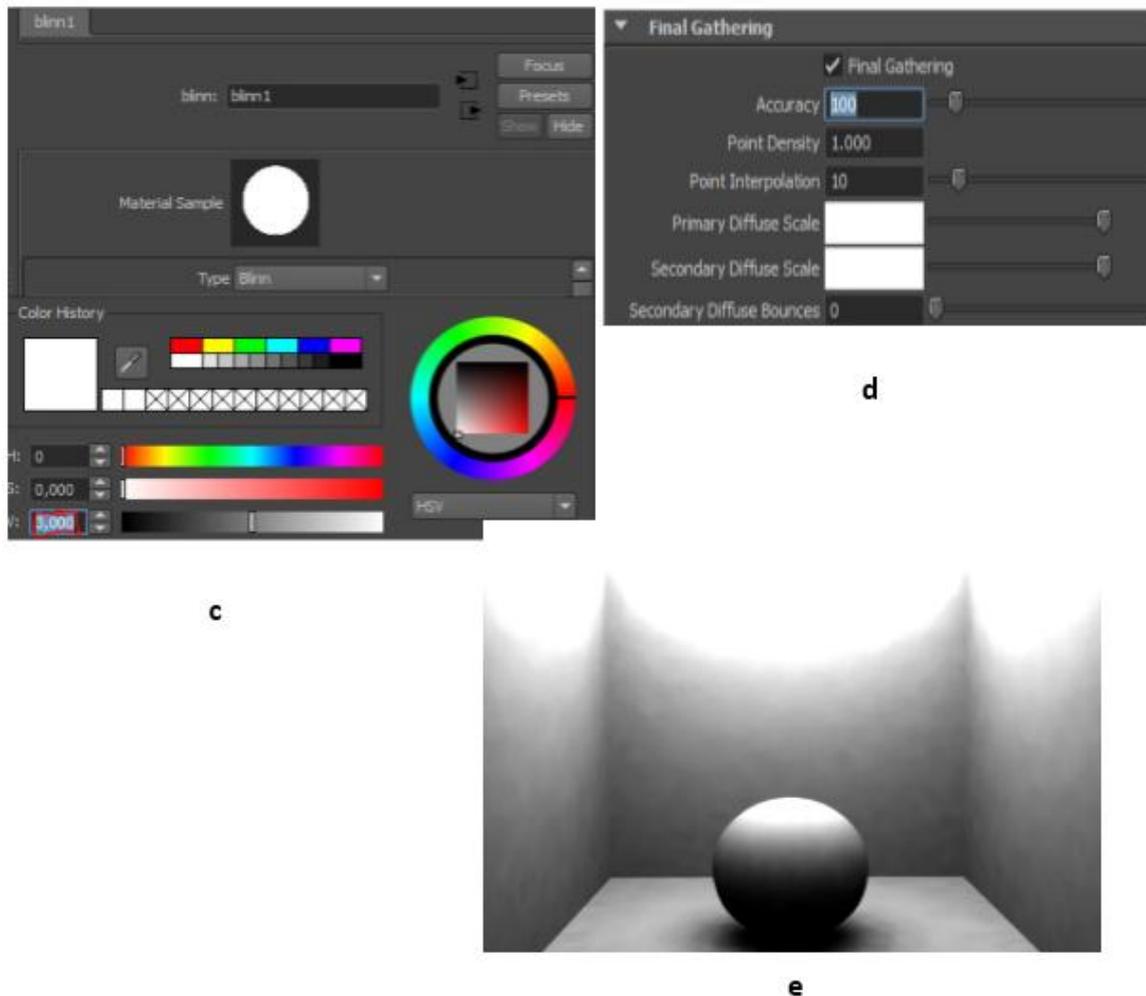


Figure 3.2.45. Rendu final après réglage des paramètres du shader.

II.4 Découverte des UVs

Les UVs sont un système de coordonnées autre que le classique XYZ, même s'il y ressemble beaucoup. Ce sont en fait des coordonnées X et Y propres à une surface 2D. Les textures ont besoin d'être projetées sur les polygones, voilà pourquoi nous aurons besoin d'un système de coordonnées [42]. Pour appliquer les textures sur les polygones 3D, il faudra en quelque sorte "déplier" nos polygones.

II.4.1 Fonctionnement

En 3D, tous les polygones possèdent un système de coordonnées 2D permettant d'y déposer des textures. On a donc des coordonnées en U (comparable à X) et V (un peu comme Y), (figure 3.2.46)

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

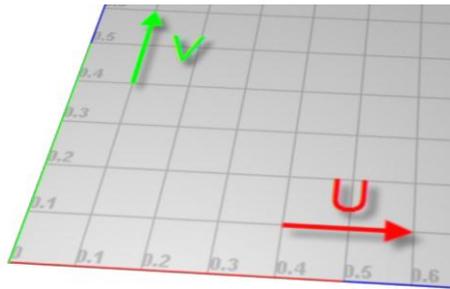


Figure 3.2.46 Système de coordonnées UV

Sur un plan 2D, le schéma est plutôt simple puisque grâce aux coordonnées UV on peut projeter une texture directement dessus. L'opération se complique un peu plus lorsque l'on travaille avec un cube, puisqu'il est en 3D. La difficulté va être de déplier le polygone pour qu'il soit en 2D. Nous n'aurons pas à le déplier dans la scène 3D, mais dans une fenêtre spéciale appelée "UV Texture Editor".

Le but sera de retrouver le patron du cube (sa forme dépliée) dans l'UV Texture Editor. (figure 3.2.47)

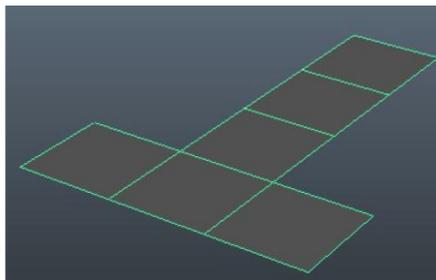


Figure 3.2.47 Le patron d'un cube dans l'UV Texture Editor

Par défaut, les coordonnées UV sont automatiquement créées sur les polygones primitifs (Cube, cylindre, cône... tous les polygones qu'on peut créer dans Maya).

Créer un cube et ouvrez le « UV Texture Editor » à partir du menu « Window » ((figure 3.2.48).

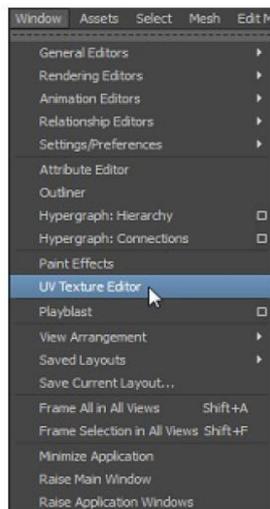


Figure 3.2.48 UV Texture Editor

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

Si on applique une texture, on la voit apparaître en fond dans l'UV Texture Editor. Pour sélectionner les UVs, faire un clic droit dans l'UV Texture Editor et dans le marking menu aller sur "UV". Ils sont en quelques sortes les vertices du polygone, qui servent à l'édition de la projection de texture (figure 3.2.49).

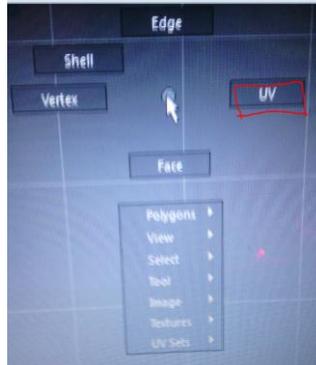


Figure 3.2.49 Faire apparaître la texture dans l'UV Texture Editor

II.4.2 Inconvénients des UVs

Le principal inconvénient des UVs c'est que c'est long, difficile et lourd à faire.

L'autre inconvénient est que si la modélisation n'est pas finalisée et que nous souhaitons la modifier, nous déformerons la texture.

Si les modifications de la modélisation sont mineures. Double cliquer sur le Move Tool et cochez "Preserve UVs", (figure 3.2.50). Ceci préservera les textures. N'oubliez pas de décocher le paramètre Preserve UVs lors de grosses modifications sur le polygone, sinon un message d'erreur apparaîtra.

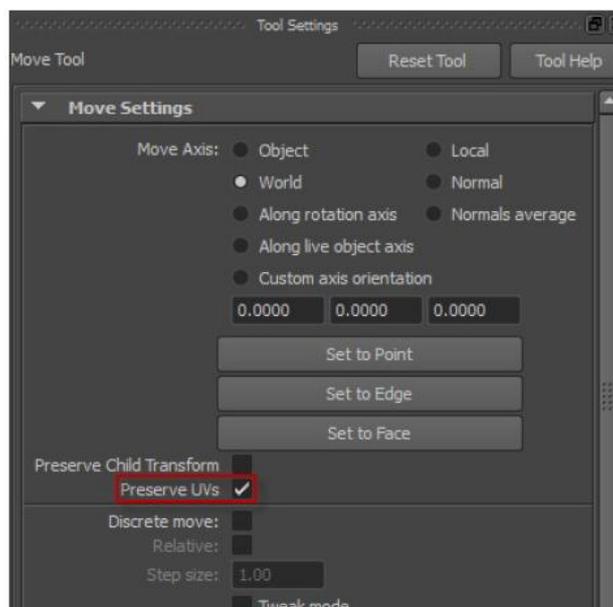


Figure 3.2.50 L'option "Preserve UVs" pour empêcher la déformation d'une texture

Partie 3 : Animation

Dans cette partie nous allons vous présenter les bases de l'animation pour acquérir les connaissances nécessaires à la réalisation d'animation en 3D avec le logiciel Maya : Déformer, déplacer les polygones et simuler une scène animée après le réglage des paramètres appropriés...

I. Entrez dans la 4e dimension

L'animation est aussi appelée la 4^{ème} dimension, car elle vient ajouter le temps à notre scène 3D. Nous aurons donc l'occasion de manipuler les unités de temps, le "Time Slider" et "Range Slider" de Maya.

I.1 Les images par seconde (frames)

Une animation est constituée de plusieurs images. Avec Maya nous devons faire des rendus image par image, cela peut devenir très long. Ça peut prendre de plusieurs heures à plusieurs jours selon la puissance de l'ordinateur. Pour une animation avec une résolution en HD, il faudra un ordinateur très puissant (voire même un supercalculateur).

Pour qu'une animation soit fluide, il faut qu'elle comporte plusieurs images par seconde, c'est 24 pour un film au cinéma, 25 pour la télévision et 30 pour la télévision aux États-Unis et au Japon [44]. Pour faire une animation d'une seconde il faut lancer 24 rendus, C'est pour cette raison que les rendus d'animation sont très longs.

Donc, dans une animation nous avons plusieurs images par seconde, qu'on appelle "frame". Par défaut, il y a 24 frames par seconde (figure 3.3.1).



Figure 3.3.1 Chaque carré représente un frame

Le temps étant infini, nous avons une infinité de frames. Par exemple si on veut réaliser une animation de 3 secondes, il nous faut faire le rendu de $24 \times 3 = 72$ frames. Il faut que Maya effectue 72 rendus pour une petite animation de 3 secondes (figure 3.3.2).



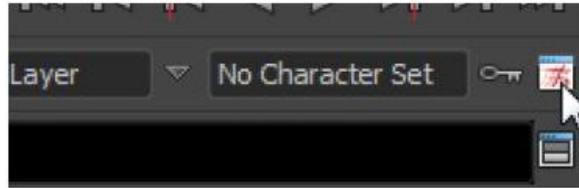
Figure 3.3.2 Le nombre de frame par 3 secondes

I.2 Modifier le nombre de frames par seconde

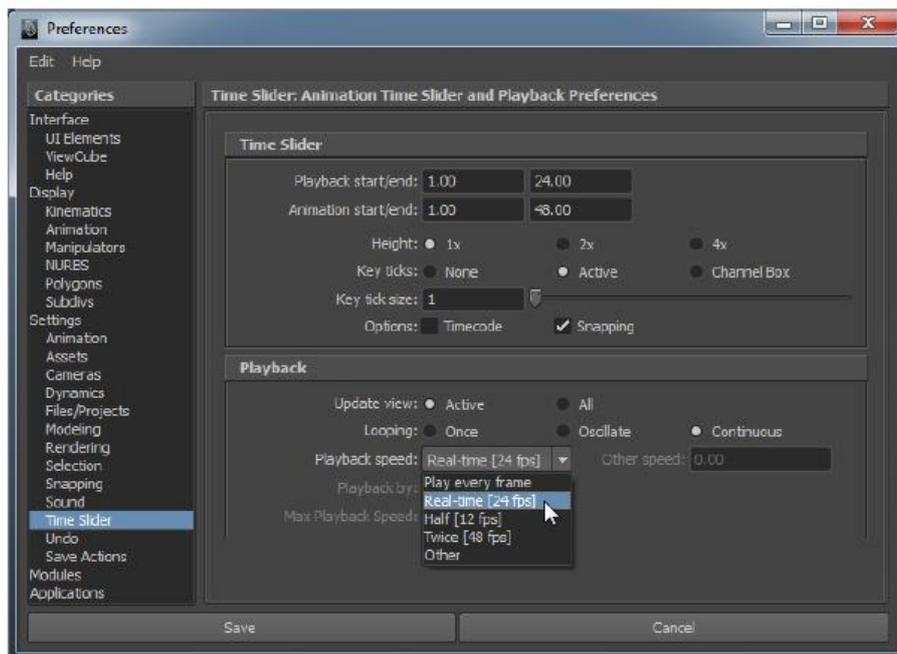
Nous pouvons modifier le nombre de frames par seconde (en anglais FPS pour *Frame Per Second*) [44], pour cela il faut cliquer sur l'icône représentant un petit personnage rouge, (figure 3.3.3.a).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

Il faut vérifier qu'on est sur Real-time [24 fps] à travers l'icône Playback Speed, pour une bonne simulation de réalité et pour que Maya ne saute pas de frames et anime correctement. Il existe alors plusieurs choix : Half 12fps, twice 48 fps,...(figure 3.3.3.b).



a



b

Figure 3.3.3 Modifier le nombre de FPS

I.3 Time Slider et Range Slider

Maintenant, voyons comment manipuler le temps avec les Time Slider et Range Slider de Maya [45].

- **La Time Slider**

Au-dessous de la scène se trouve la barre allouée au temps : la Time Slider qui affiche des numéros de 1 à 24 correspondant aux frames. La Time Slider permet comme son nom l'indique de glisser d'un frame à l'autre. C'est elle qui nous permettra de nous rendre à un frame précis et de jouer l'animation (figure 3.3.4).



Figure 3.3.4 La Time Slider

Les options de lecture se trouvent à droite de cette barre (figure 3.3.5).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

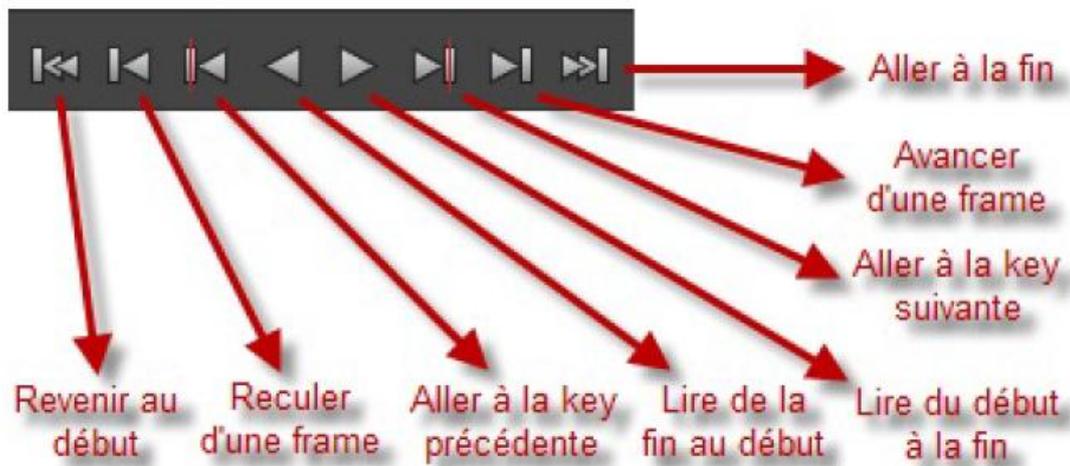


Figure 3.3.5 Les options de Time Slider

- **La Range Slider**

La Range Slider ne sert qu'à une chose : déterminer sur quelle rangée de frames nous allons travailler. Par défaut, elle est réglée pour afficher les frames de 1 à 24 (pour afficher 1 seconde), (figure3.3.6) :



Figure 3.3.6 La Range Slider

En faisant glisser la Range Slider, nous changeons la rangée de frames sur laquelle nous allons travailler (figure3.3.7) :



Figure 3.3.7 La Range slider d'une séquence d'une seconde

Pour faire varier la taille du Range Slider cliquer sur les carrés à ses bords (figure3.3.8).

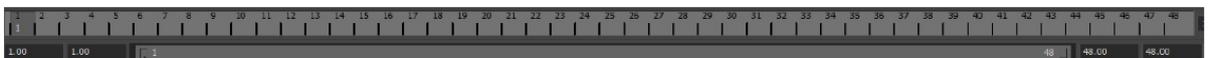


Figure 3.3.8 Modifier la taille du Range Slider

Et enfin, une fonction très importante est le nombre total de frames. Ces valeurs se trouvent tout à gauche et tout à droite de la Range Slider. La figure 3.3.9, présente l'exemple d'une Range slider de 10 secondes d'animation (10 secondes * 24 frames = 240 frames).



Figure 3.3.9 Modifier le nombre de frame

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

I.4 Les keys (les clés)

I.4.1 Les keys

L'animation que nous allons réaliser sera très basique : il faudra créer un polygone qui se déplacera d'un point à un autre en une seconde. Nous avons commencé à créer un polygone dans le coin gauche de la grille qui devra en une seconde arriver à droite, et logiquement en une demi-seconde il sera au centre.

Pour commencer, il faut indiquer que le polygone situé à gauche est la position de départ de l'animation, ou frame numéro 1, sélectionnez le polygone et appuyez sur la "touche s" pour ajouter une clé d'animation ("key" en anglais). Les clés sauvegardent les paramètres du polygone dans la frame en cours. Si une clé a été ajoutée, une petite ligne verticale rouge apparaît à gauche du numéro du frame [45], (figure 3.3.10).

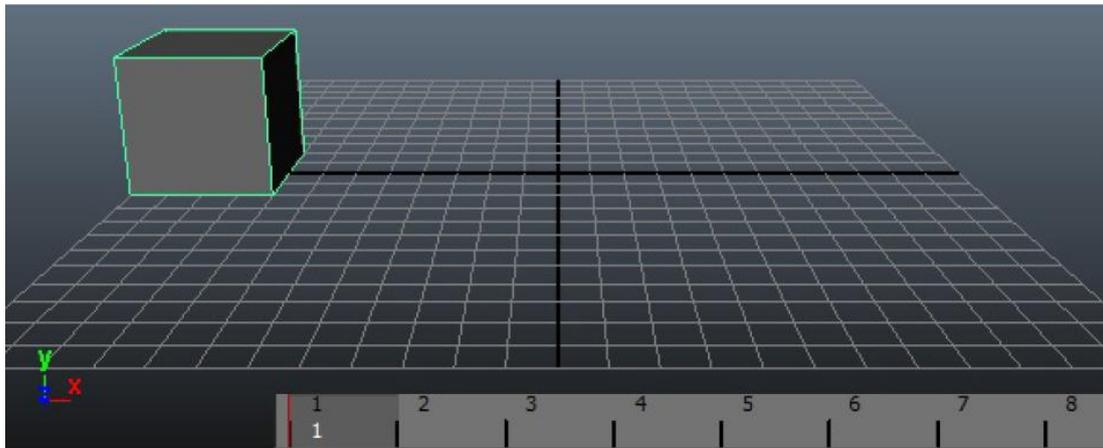


Figure 3.3.10 Création des clés(en frame 1)
(Une clef placée dans la frame N°.1)

Quand une clef est ajoutée, les paramètres du Channel box (situé au gauche de la scène) deviennent orange, cela veut dire qu'ils sont liés aux frames. Un freeze transformation (remettre les valeurs à 0) ne fonctionne pas, (figure3.3.11).

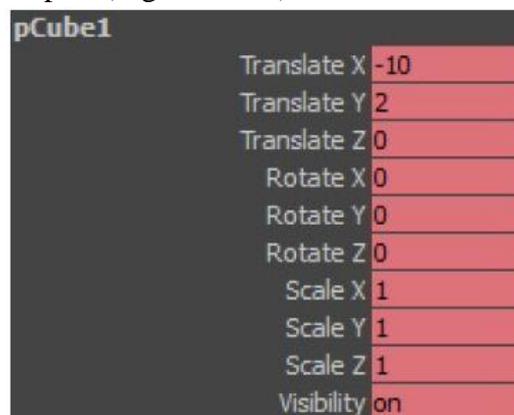


Figure 3.3.11 Les paramètres du Channel box lors d'une création d'une clé

Pour finir l'animation du polygone, aller en frame 24, qui correspond à une seconde, placer le polygone à droite et ajoutez une clef (figure 3.3.12).

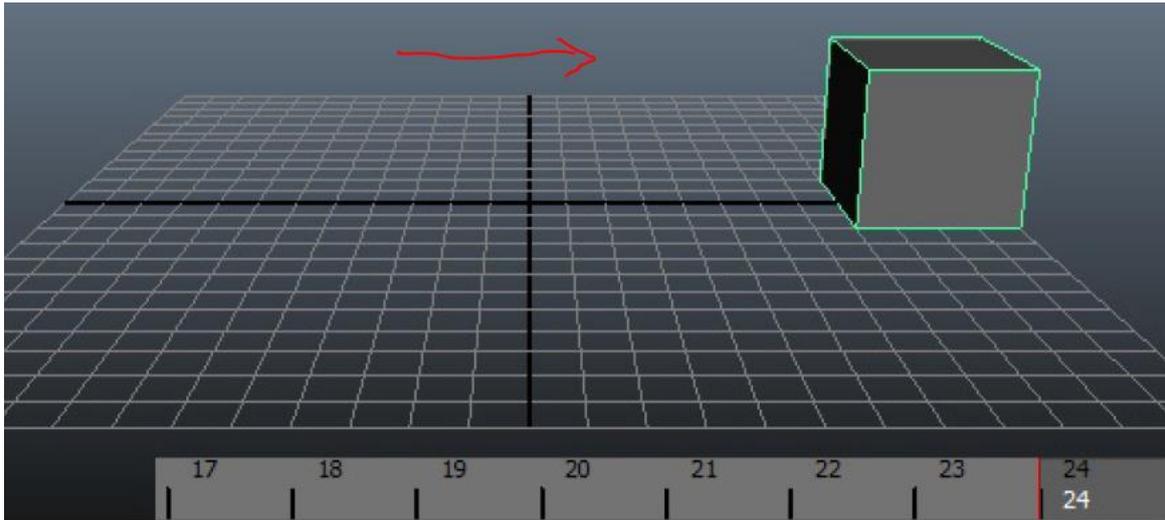


Figure 3.3.12. Création des clés (en frame 24)

En cliquant sur le bouton *play* de la Time Slider, la lecture se lance de la frame 1 à 24. Le cube se déplacera de gauche à droite (vidéo 3.3.1).

I.4.2 Déplacer et supprimer des clefs

Faire **shift** + **clic gauche** pour sélectionner un frame. Quand elle est sélectionnée, elle apparaît surlignée en rouge. Cliquez sur les flèches et tout en restant appuyé sur le bouton de la souris, déplacez le curseur pour déplacer le frame puis cliquez sur l'une des 2-3 frames suivante ou précédente pour désélectionner (figure 3.3.13).

La clef qui était en frame 1 est maintenant en frame 5. Le polygone se déplacera de gauche à droite de frame 5 à 24, il se déplacera plus rapidement puisqu'il y a moins de frames intermédiaires. Par contre, au début de l'animation, le cube ne bougera pas.



Figure 3.3.13 Déplacer la clé

On peut sélectionner plusieurs clefs à la fois avec le raccourci **shift** + **clic gauche** et glisser la souris pour étendre la zone de sélection (figure 3.3.14).



Figure 3.3.14 Déplacer plusieurs clés

I.4.3 Key selected et Break Connections

- **Key Selected**

On peut ajouter une clef sur un paramètre précis lequel sera surligné en orange. Par exemple si on veut réaliser une animation basée seulement sur la rotation, on doit ajouter une clé concernant ce paramètre-là, la modification des autres paramètres ne seront pas visible dans l'animation qu'on aura réalisé.

Pour ajouter une clef à un ou plusieurs paramètres, aller en frame 1 puis cliquer sur le paramètre pour qu'il soit surligné en noir et faire un clic droit ->Key Selected (figure 3.3.15.a).

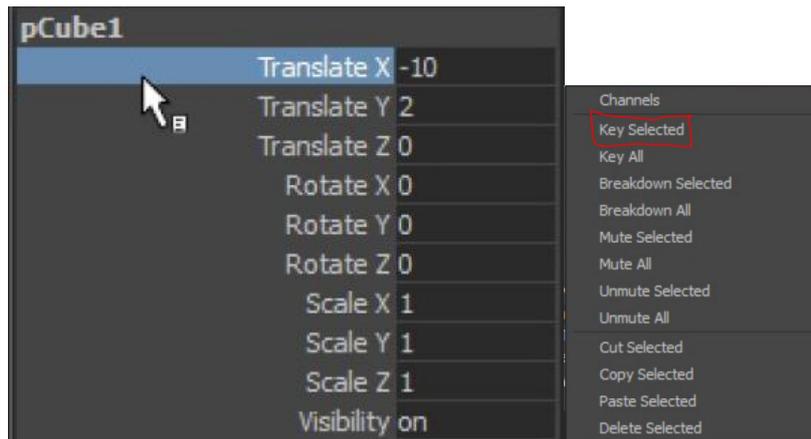
Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

La valeur apparaîtra en rouge pour indiquer qu'une clef a été bien ajoutée (pour la frame en cours), (figure3.3.15.b).

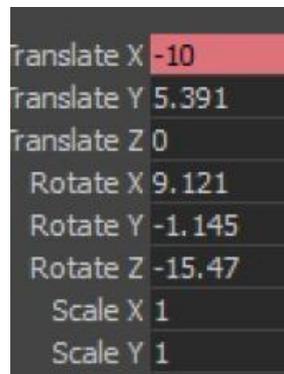
Une petite technique concernant les raccourcis :

- w: move tool ; shift + w : key en translate.
- e: rotate tool ; shift + e : key en rotate.
- r: scale tool ; shift + r : key en scale.

On peut également faire **shift + w** pour ajouter des clefs sur tous les paramètres de translate.



a



b

Figure 3.3.15 Key Selected

- **Supprimer une clef sur un paramètre**

Pour supprimer une clef sur un seul paramètre, faire un Break Connections. (figure 3.3.16)

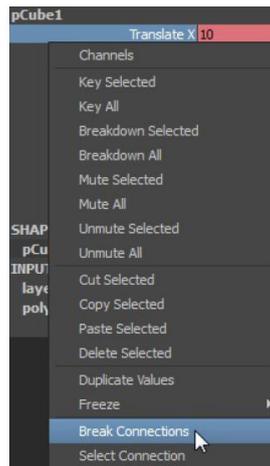


Figure 3.3.16 Supprimer une clef

I.4.4 Autokeys

Les autokeys ajoutent une clef automatiquement lorsqu'une valeur est modifiée, mais seulement sur un paramètre surligné en rouge (donc sur un paramètre qui a déjà reçu une clef).

II. Interpolation et Graph Editor

Le Graph Editor de Maya permet de gérer l'interpolation de mouvement en modifiant les accélérations et décélérations des objets en mouvement [44].

II.1 L'interpolation de mouvement

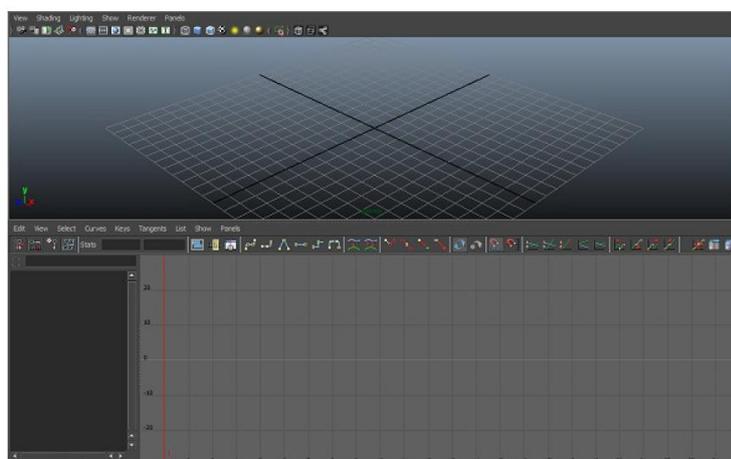
Dans l'exemple décrit ci-dessus, on a ajouté deux clefs mais aucune pour les frames intermédiaires de 2 à 23. S'il n'y avait pas d'interpolation, le cube sera téléporté de 1 à 10, ce qui n'est pas le cas. En effet le cube se déplace progressivement de gauche à droite et c'est dû à l'interpolation de mouvement.

II.2 Découverte des F-curves et gestion des clefs

Commençons par ouvrir le Graph Editor (Window -> Animation Editors -> Graph Editor, ou bien en cliquant sur l'icône "Persp/Graph" qui se trouve dans la "Tool box" à gauche) (figure 3.3.17.a). Le plan de travail sera alors scindé, (figure 3.3.17.b).



a



b

Figure 3.3.17 Le Graph Editor

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

Le Graph Editor n'affiche pour le moment qu'une grille. Dans le coté blanc à gauche (qui ressemble à l'outliner) est affiché le nom de l'objet sélectionné...

Toutes les informations enregistrées dans une clef, c'est-à-dire surlignées en orange, seront aussi listées. Par exemple, en frame 1, si nous ajoutons une clef avec la touche s de notre cube situé à gauche de la grille, le graph editor affichera toutes les informations de translate, rotate et scale selon les axes XYZ, (voir la figure 3.3.18).

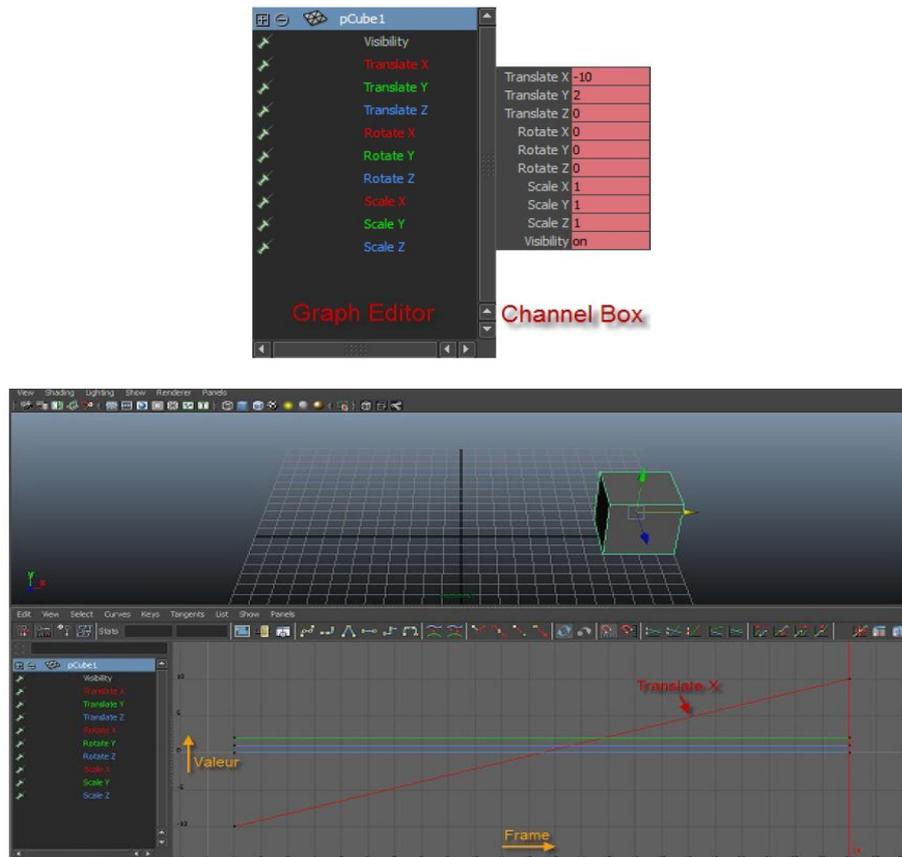


Figure 3.3.18 Les axes XYZ sur Le graph editor

Nous avons expliqué que : "l'interpolation permet de gérer l'animation intermédiaire entre deux clefs. Il nous faut au minimum deux clefs pour travailler sur l'interpolation, Des lignes apparaissent dans le Graph Editor, ce sont elles qui vont nous permettre de gérer l'interpolation. Elles sont représentées de différentes couleurs qui correspondent chacune à une propriété différente. Par exemple, la propriété **Translate X** est écrite en rouge donc la **ligne rouge** en biais représente le Translate X ; le Rotate X est aussi en rouge.

Les lignes se superposent, une peut en cacher une autre. Pour la voir, cliquez sur le nom Rotate X, (figure 3.3.19).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

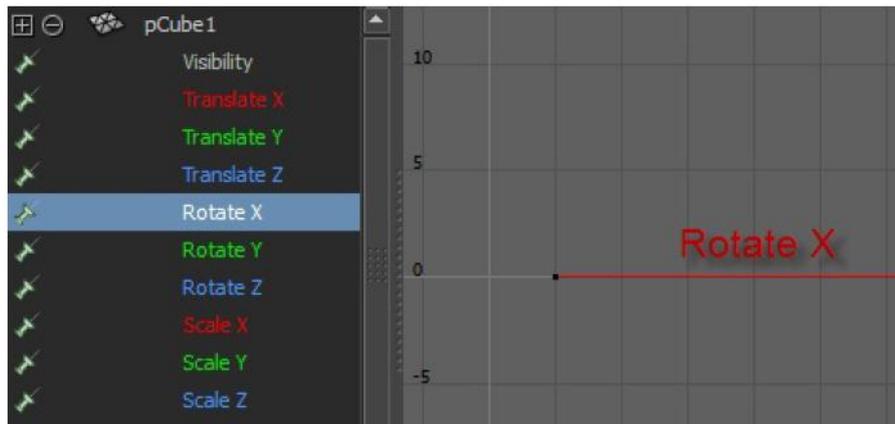


Figure 3.3.19 Séparer et afficher les axes de graph editor

On n'appelle pas cela des lignes en infographie, mais des F-Curves. Les F-curves changent de hauteur selon la valeur de leur paramètre. Par exemple, si en frame 12 on veut élever le polygone, le F-curves en verte qui correspond au Translate Y sera courbée (évidemment il ne faut pas oublier d'ajouter une clef après avoir élevé l'objet) (figure3.3.20).

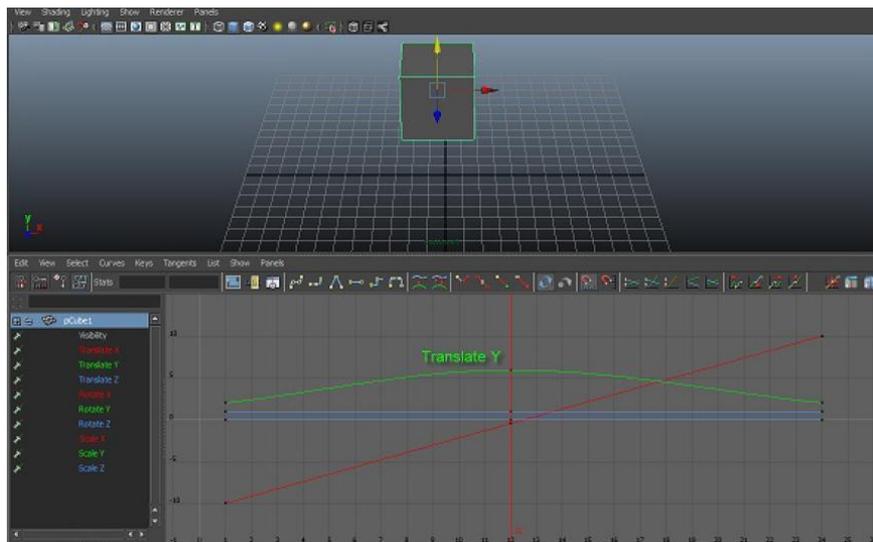


Figure 3.3.20 Repositionner les F-Curves

Les F-curves traversent différents points, ces points sont tout simplement des clefs qu'on a placé. Lorsqu'on sélectionne un point, par exemple le point au milieu de la F-curve du Translate Y, on peut y obtenir les informations : « la clef est en frame 12 elle a pour valeur de Translate Y "5" (figure 3.3.21). Dans le menu de gauche, un point vert apparait devant Translate Y pour indiquer que la clef que nous avons sélectionné appartient au Translate Y. Dans la grille, on retrouvera à l'horizontale le temps, donc les frames et à la verticale les valeurs des paramètres. On peut modifier les paramètres (translation, rotation...) directement avec le Graph Editor.

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

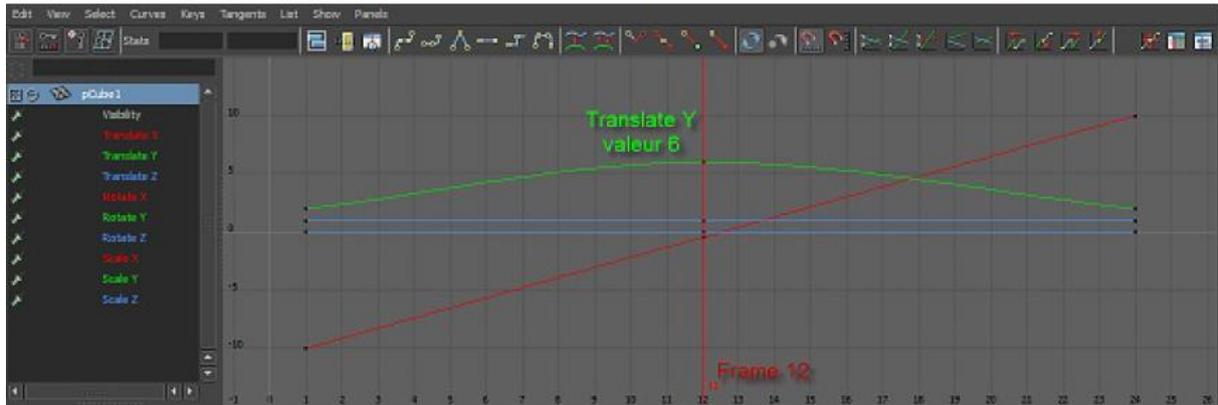


Figure 3.3.21 Modifier les paramètres des clés par le Graph Editor

- **Filtrer l'affichage**

Pour filtrer l'affichage cliquer sur le nom d'un paramètre à gauche pour voir sa *F-curve* affichée. On peut aussi sélectionner plusieurs paramètres à la fois ; par exemple, le Translate XYZ, (figure 3.3.22).

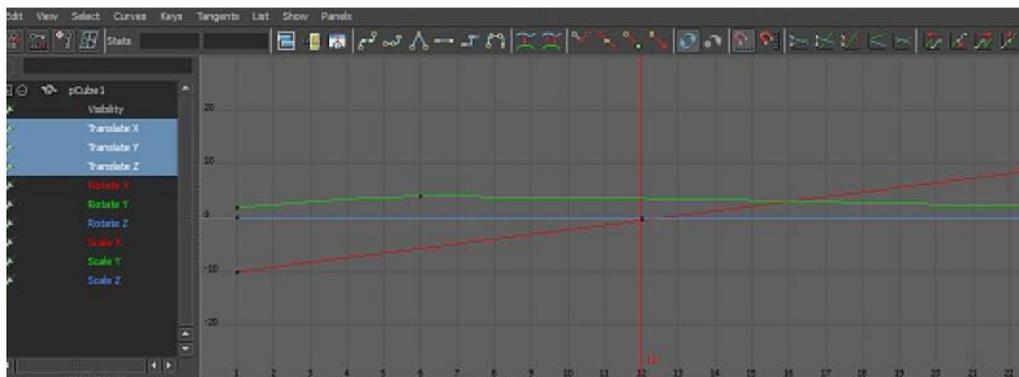


Figure 3.3.22 Filtrer l'affichage des F-Curves

Pour tout afficher à nouveau, cliquez sur le nom de l'objet.

- **Supprimer une clef**

Pour supprimer une clef, sélectionnez une clef sur une F-curve et appuyer sur la **touche Suppr.**

II.3 Gérer les accélérations

- **Modification de la tangence**

L'interpolation est différente selon l'allure des courbes. L'outil qui permet de déformer manuellement l'allure des courbes est sa tangente. Pour la faire apparaître sélectionner une clef, cliquez sur un des deux points qui apparaissent autour de la clef et déplacer-le avec le clic du milieu. Cela fera varier l'allure de la courbe (figure 3.2.23).

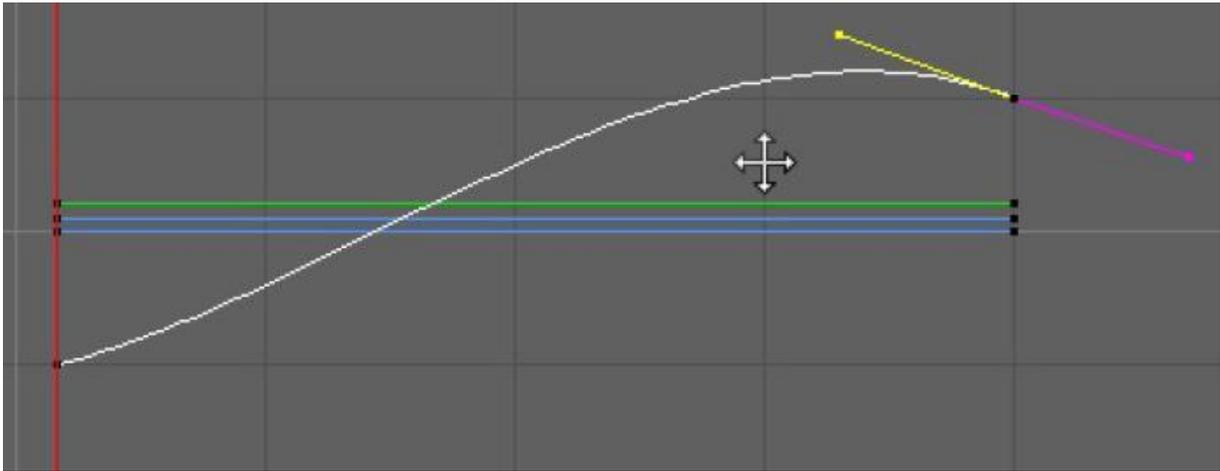


Figure 3.23. Modification manuelle de la tangente

Il existe des modèles de courbes tangentes prédéfinies dans le menu Tangents du Graph Editor. La tangente par défaut est la "Spline", (figure 3.3.24).

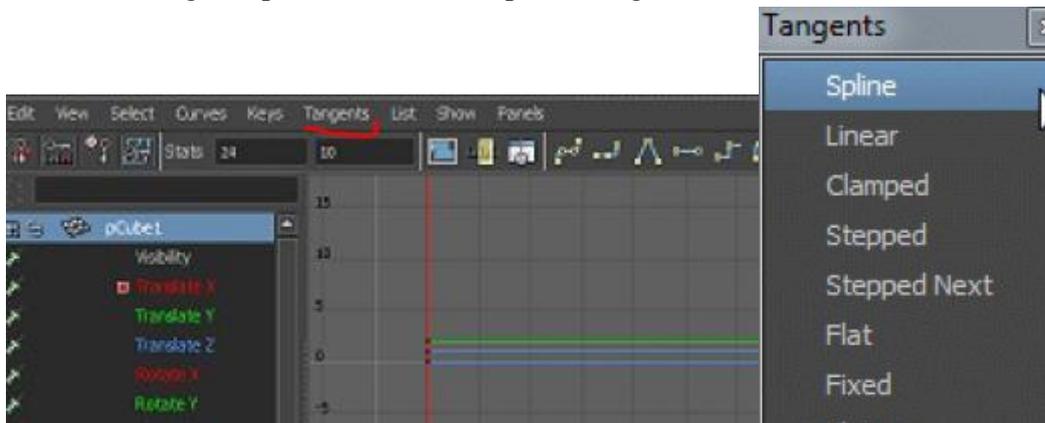


Figure 3.3.24 Choix de tangente

III. Animer le long d'un chemin avec le Motion Path

Le chemin que suivra l'objet pour l'animation s'appelle un **Motion Path**. Ce chemin est une Curve et l'objet peut être un polygone, une caméra et même une lampe.

Le sens de création de la Curve est important, il s'agit du sens de l'animation. Nous pouvons inverser son sens avec Edit Curve -> Reverse Curve Direction.

Pour que l'objet se déplace le long de la Curve, sélectionner l'objet et la Curve et faire Animate -> Motion Paths -> Attach to Motion Path.

Par défaut, dans les paramètres de "Attach to Motion Path", le paramètre Time Slider est coché, donc l'animation se fait par rapport à la rangée de frames affichés dans la Time Slider[42]. Par défaut, c'est de 1 à 24, (figure 3.3.25/vidéo 3.3.2).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

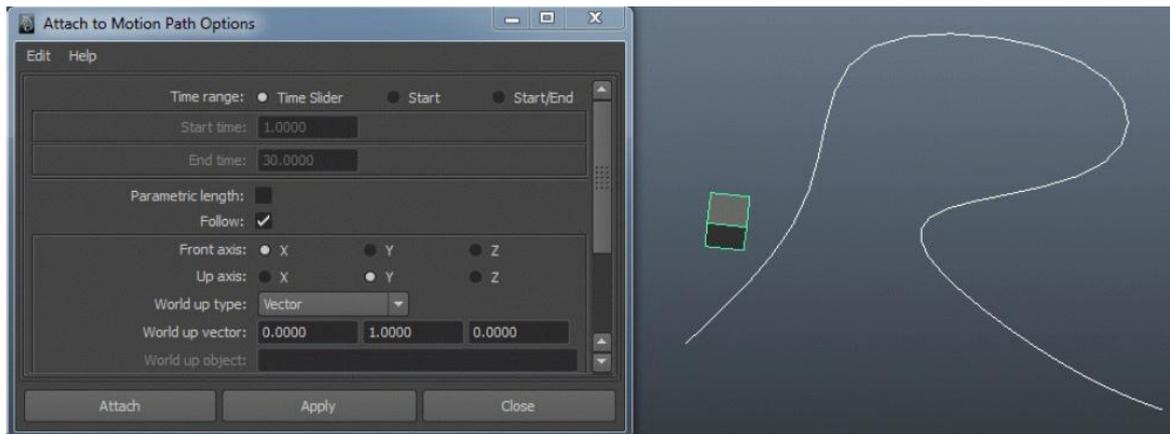


Figure 3.3.25 Les paramètres de "Attach to Motion Path"

- **Tweaking (peaufinage)**

L'objet se déplace le long du Motion Path à vitesse constante, on peut peaufiner l'animation (tweaking en anglais) pour que l'objet accélère, décélère ou voire même s'arrête.

Sélectionnez l'objet en mouvement et dans l'Attribute Editor allez dans l'objet MotionPath1. Cocher le paramètre : Parametric Length.

L'animation sur le Motion Path dure une 1 seconde, pour l'allonger sélectionnez la dernière clef du graph editor et la de frame en la déplaçant à gauche ou à droite. Par exemple si on met 240 on aura animation sur le Motion Path de 10 secondes, (figure 3.3.26).

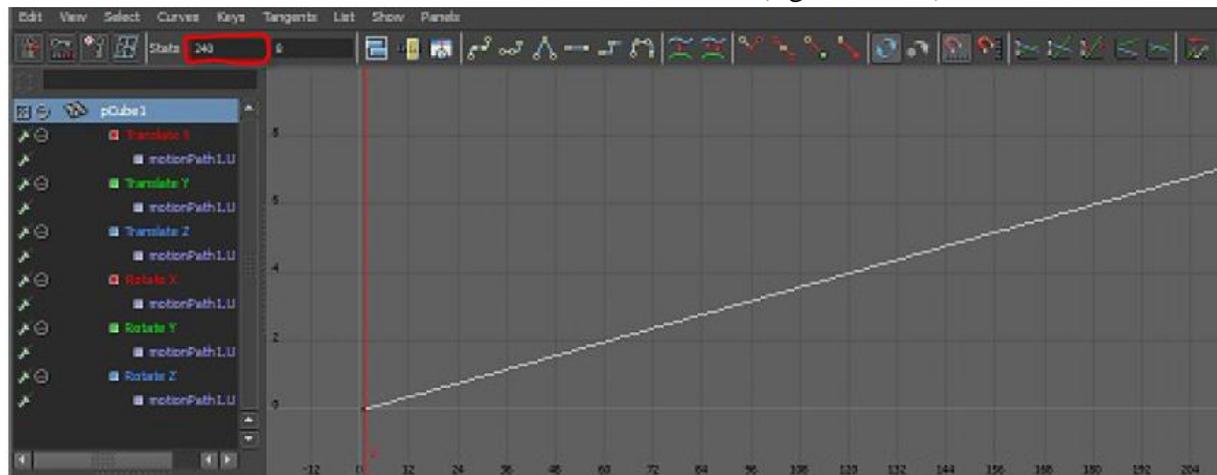


Figure 3.3.26 Peaufiner l'animation sur le Motion Path

IV. Les types d'Animations automatiques

IV.1 Animation cyclique (Cycle)

Passer en frame 1 et ajoutez une clef et une autre clef en frame quelconque, nous obtenons la F-curve dans le Graph Editor. Maintenant, pour que cette animation soit infinie, faire : Curves -> Post Infinity -> Cycle [42], (figure 3.3.27).

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

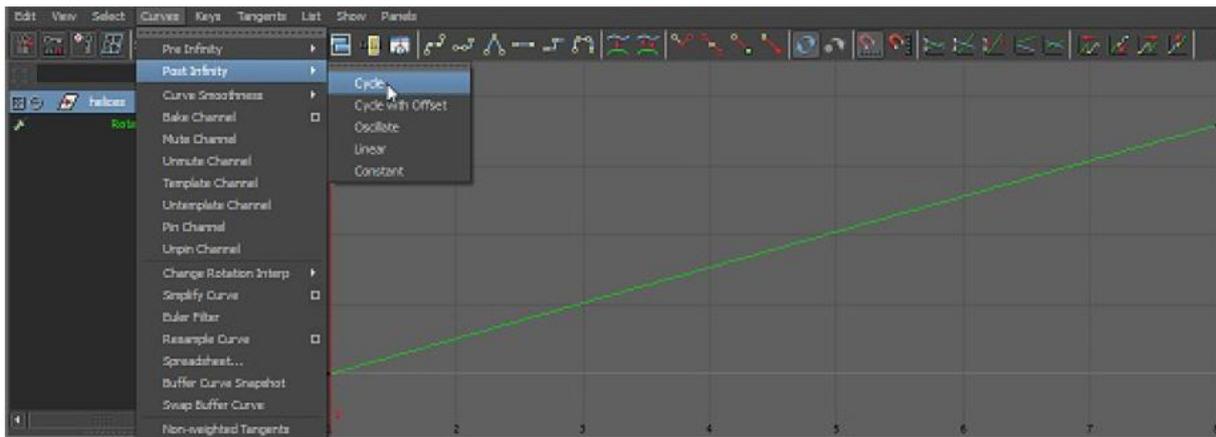


Figure 3.3.27 Animation en Cycle

Dans le Graph Editor on peut afficher la F-curve infinie en faisant View -> Infinity (figure 3.3.28).

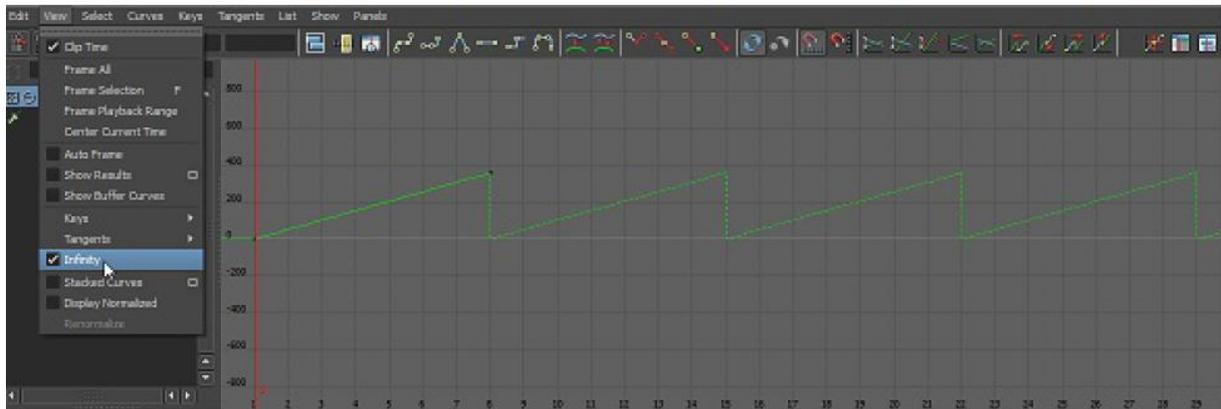


Figure 3.3.28 Animation en boucle infinie

IV.2 Oscillate

Avec **ocscillate**, l'objet part dans un sens puis d'un autre infiniment. Son fonctionnement est la balançoire. L'objet se balancera dans un sens, par exemple de gauche à droite puis avec **ocscillate** il fera l'animation inverse (figure3.3.29). L'objet ira d'un sens à l'autre brusquement. À l'aide des outils de modification de la tangence, on peut la régler.

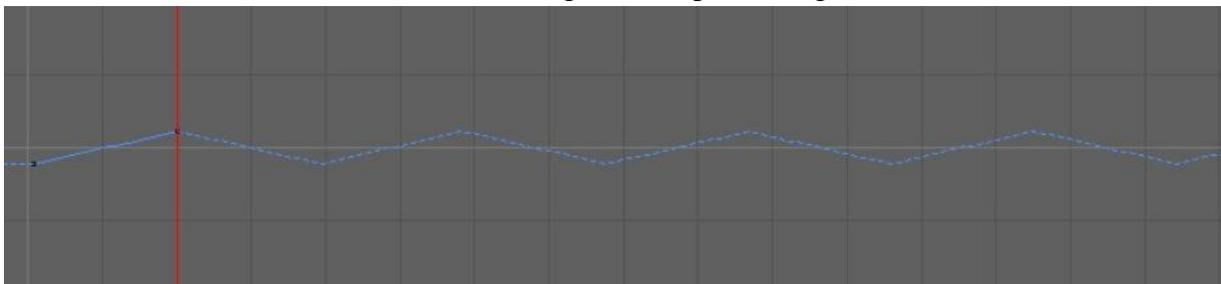


Figure 3.3.29 Animation de type Ocscillate

IV.3 Linear

L'animation va se poursuivre et la curve fera une ligne droite, (figure 3.3.30).

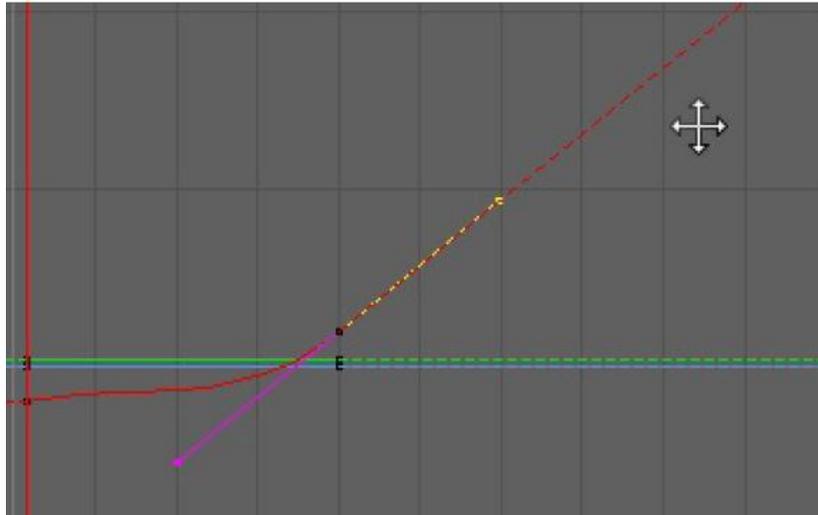


Figure 3.3.30 Animation de type Linear

IV.4 Constant

Le type **Constant** est le type par défaut qu'il y a dans toute animation, quand il n'y a plus de clefs il n'y a plus d'animation, (figure 3.3.31).

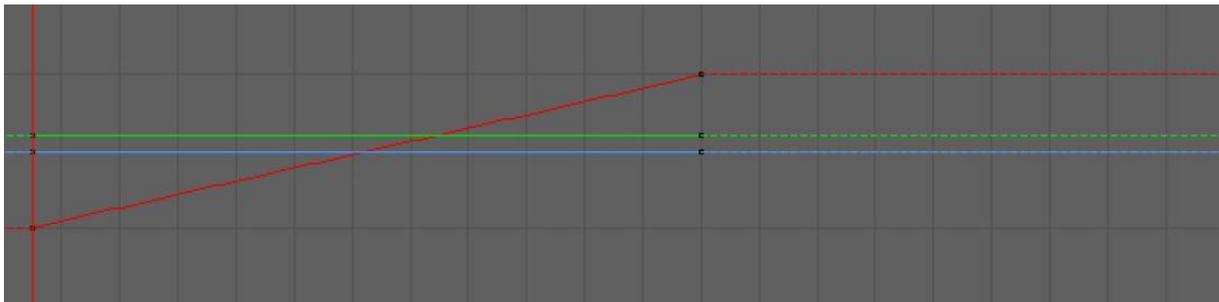


Figure 3.3.31 Animation de type Constant

V. Rigging

Le Rigging va permettre de déplacer des vertices pour l'animation, c'était déjà possible en ajoutant des clefs mais cela ne convient pas à l'animation d'un être organique, par exemple, ou à la simulation du mouvement complexe. Ceci demande trop de travail et c'est assez difficile de gérer les articulations de cette manière [44].

Mais grâce à l'outil « Joint Tool » qui s'effectue par Rigging. Il permet en quelque sorte de placer un squelette sur lequel on peut appliquer des rotations pour déformer le maillage et donc créer des articulations pour un personnage. Ensuite l'outil « IK Handle », permet de plier automatiquement les articulations

Pour créer un squelette, Aller dans le shelf animation et cliquer sur l'icône représentant trois cercles attachés, il s'agit de l'outil Joint Tool (figure 3.3.32)



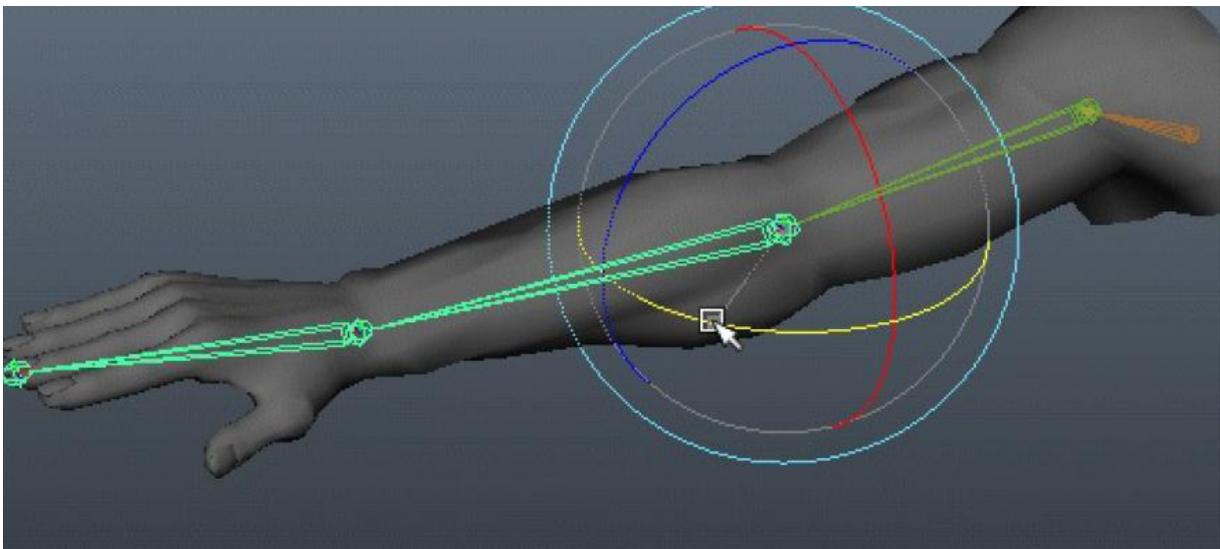
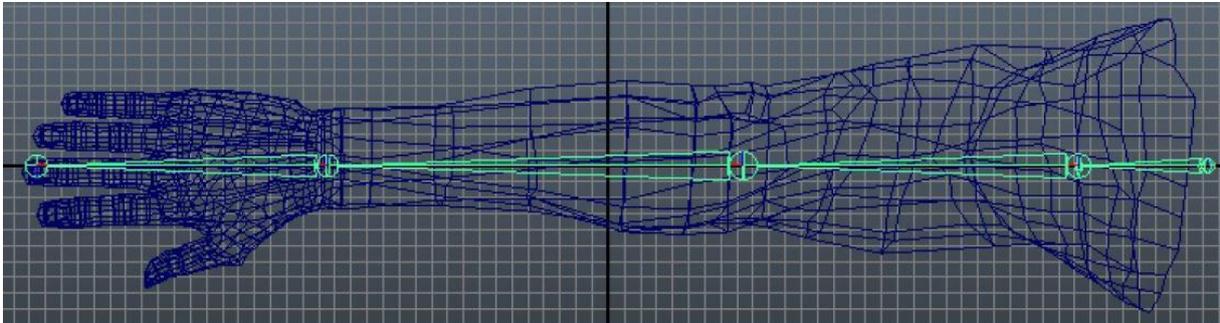
Figure 3.3.32 L'outil Joint Tool

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

On peut aussi accéder au Joint Tool via le menu principal en passant en mode Animation dans le Menu Set puis dans Skeleton -> Joint Tool.

Le principe de base du rigging c'est l'animation par hiérarchie. Si on prend un bras d'un être humain la hiérarchie est comme suit : bras -> avant bras -> main -> doigts. On peut créer et voir la hiérarchie dans l'**outliner**. (Situé à gauche de la scène).

C'est le même principe pour animer un groupe et les polygones qui sont à l'intérieur indépendamment. Le groupe est appelé le « parent » et le ou les objet(s) compris dedans les « enfants ». Les enfants suivront toujours le parent, tandis que l'inverse n'est pas possible. Par exemple, dans l'outliner le parent, en effectuant une rotation ou un déplacement entrainera l'enfant avec lui ; En rigging c'est pareil, le bras entrainera la main, etc. Une hiérarchie se constitue automatiquement dans l'outliner, chaque morceau de squelette ajouté sera l'enfant de celui précédemment créé (figure 3.3.33/vidéo 3.3.3).



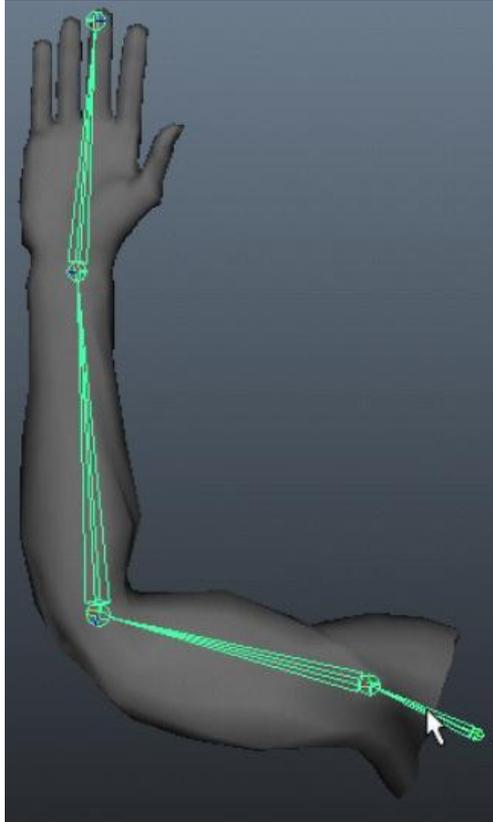


Figure 3.3.33 Exemple de *Rigging* pour animer un bras

Remarque

Nous avons téléchargé un bras déjà modélisé, nous l'avons obtenu grâce au logiciel gratuit Make Human, c'est un logiciel Open Source, vous pouvez donc utiliser les modèles sans problème avec la licence même vous pourrez utiliser les personnages générés pour vos animations.

Partie 4 : Raccourcies

Cette liste regroupe les plus importants et plus utiles raccourcis clavier pour le logiciel maya qui nous aideront à être plus productif et gagner du temps [42].

- **CTRL + S** : Enregistrer en tant que projet.
- **CTRL + O** : Ouvrir un projet.
- **Q** : Passer en mode select. (Sélectionner)
- **W** : Passer au mode Move. (Déplacer)
- **E** : Passer en mode Rotate. (Rotation)
- **R** : Passer au mode Scale. (Échelle)

- **ALT + clic gauche de la souris** : Rotation de la vue
- **ALT + clic sur le bouton du milieu d'une souris (Molette)** : Translation de la vue
- **ALT + clic droit de la souris** 'ou bien seulement' **le milieu d'une souris** : zoome
- **CTRL + Z** : Annuler la dernière opération.

- **Ctrl + a** : afficher la fenêtre d'Attribute Editor

- **Ctrl + n** : supprimer le projet

- **SHIFT + F** : Zoom au mieux d'un objet sélectionné Ce raccourci permet aussi de la retrouver au cas où elle ne serait plus visible dans la scène 3D.
- **SHIFT + a** : Zoom au mieux de la scène entière

- **clic gauche** sur l'une des vues (persp, front, top, side) **par la souris** puis relâcher cette dernière et **cliquer SPACE BARR** et pour revenir **cliquer** seulement sur cette dernière : manipulation d'une vue (naviguer entre les vues)

- activer l'un de ces modes : edge, face ou vertex puis à travers double clic sur l'un de ces derniers vous pouvez la sélectionner facilement.

- **SHIFT + clic droit de la souris** : créer des cubes, sphère, cylindre,...
- **numéro de clavier** :
 - 1 : revenir à l'objet de départ
 - 2 : visualiser simultanément l'objet de départ et le résultat lorsqu'on applique l'option smooth, (figure 3.4.1)

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

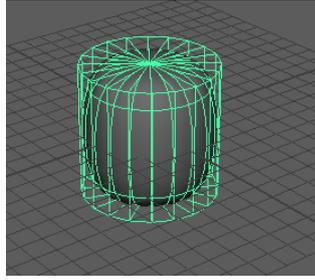


Figure 3.4.1 L'objet de départ et le résultat de lissage

3 : visualiser seulement le résultat de smooth, (figure 3.4.2)

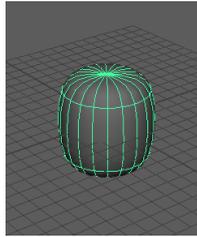


Figure 3.4.2 Le lissage d'un objet

4 : afficher les wireframe d'un objet (les lignes principales qui forment l'objet) ; (figure 3.4.3)

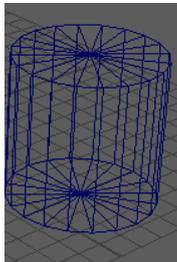


Figure 3.4.3 wireframe d'un objet

5 : faire apparaître la matière, lumière, ombre (material, light, shading), (figure 3.4.4)

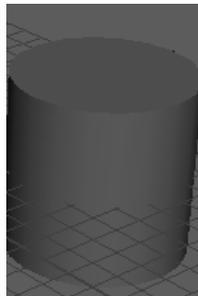


Figure 3.4.4 shade de l'objet

6 : afficher la texture

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

7 : pour visualiser l'effet de lumière sans passer par le rendu (lighting), dans le cas où on n'a pas une source lumineuse l'objet apparaitre en noir comme le montre la figure 3.4.5

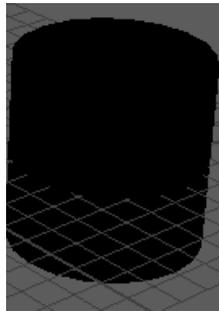


Figure 3.4.5 lighting de l'objet

•**Shift + d** : Duplication

•clic droit de la souris dans un endroit vide de la scène puis à partir de la liste qui apparait choisir le mode de sélection (figure 3.4.6) :

- * Clic en haut droit sur **object Mode** (tout l'objet)
- * Clic à gauche sur **vertex** (les sommets)
- * Clic en haut sur **edge**(les segments)
- * Clic en bas sur **face**(les faces)

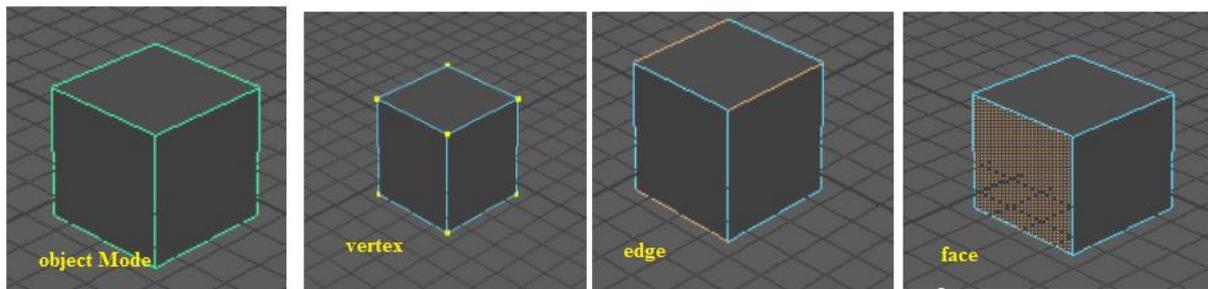


Figure 3.4.6. Différents modes de sélection d'un objet

Chapitre 03 : Le logiciel de Maya

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'interface de Maya avec ses principaux outils. Nous avons montré comment on peut ajouter des effets spéciaux, créer appliquer et régler l'ombrage 'shading' à partir de l'hypershade et réaliser un rendu.

Nous avons terminé ce chapitre avec quelques notions de base sur l'animation. Ce domaine étant difficile à comprendre, nous orientons le lecteur aux fichiers vidéos placés dans le CD annexé au document.

Le chapitre suivant sera consacré à la mise en pratique de toutes les notions introduites dans l'environnement ZBrush et Maya pour la modélisation et l'animation des images de l'appareil génital féminin avec le processus de fécondation et du développement embryonnaire.

Chapitre 04 : Modélisation et animation du développement embryonnaire

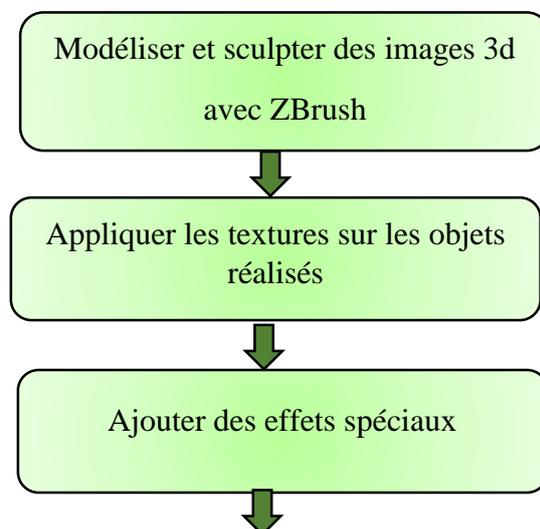
I. Introduction

Ce chapitre présente à la fois l'aspect médical et pratique de notre projet de fin d'étude. Nous faisons une description médicale de l'appareil génitale féminin, des spermatozoïdes, du phénomène de fécondation et les 2 premières semaines du développement embryonnaire. A chaque étape nous présentons les figures 2D sur lesquels s'appuient les étudiants de médecine pour comprendre ces phénomènes ainsi que les modèles 3D que nous avons conçu avec les logiciels ZBrush (chapitre 2) et Maya (chapitre 3). Les modèles sont présentés avec les étapes intermédiaires, en partant d'une mesh 3d (sphère, cylindre), de manière à mettre en évidence les outils et astuces de développements.

Rappelons que ce travail est le résultat de la collaboration avec la faculté de médecine et a des visés en pédagogie médicale. Le module concerné est l'embryologie. L'enseignant devra expliquer entre autre le phénomène d'embryogenèse. L'embryogenèse est l'ensemble des transformations subies par l'œuf fécondé jusqu'au développement complet de l'embryon. Elle se déroule pendant les 8 premières semaines de la grossesse. Elle est marquée par un développement rapide de l'œuf, qui, tout en s'implantant dans la muqueuse utérine (endomètre), se divise puis se creuse en deux parties. Celles-ci se différencient lors de la 2^e semaine en deux feuillets (entoblaste et ectoblaste), puis, à la 3^e semaine, en trois feuillets (ectoblaste, entoblaste et mésoblaste), d'où dérivent tous les systèmes et organes du corps. Compte tenu du temps limité de notre projet, nous nous sommes arrêtés à la deuxième semaine du développement embryonnaire.

II. Méthode de modélisation

Les principales étapes de la méthode suivie sont présentées dans l'organigramme suivant :



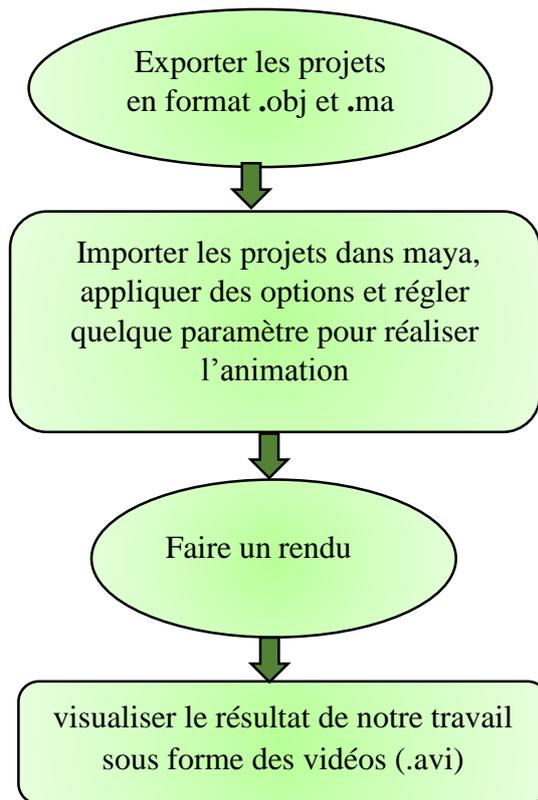


Figure 4.1. Organigramme de la méthode suivie

Dans ce qui suit, nous allons détailler chacune de ces étapes ; et pour mieux organiser notre travail nous avons scindé ce chapitre en 3 parties :

- Partie 1 : Modalisation avec ZBrush
- Partie 2 : Animation avec Maya

Partie 1 : Modélisation avec ZBrush

I. Appareil génital féminin

L'appareil génital féminin regroupe l'ensemble des organes permettant la fonction de reproduction et la sexualité.

L'appareil génital féminin est composé par les ovaires les trompes de Fallope, l'utérus et le vagin (figure 4.1.1).

I.1 Les ovaires

Ce sont les 2 glandes génitales de la femme, en forme d'amande. Elles sont situées de part et d'autre de l'utérus et leur face interne est recouverte par le pavillon de la trompe de Fallope.

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

Ils assurent une double fonction : une fonction exocrine définie par la libération d'un ovocyte à chaque cycle, une fonction endocrine représentée par la sécrétion des hormones.

L'ovocyte est libéré au niveau de la trompe utérine grâce au phénomène de l'ovulation.

Plusieurs millions de follicules sont présents à la naissance d'une petite fille. Mais seuls 300 ou 400 d'entre eux parviendront à maturité, de la puberté à la ménopause. Au début de chaque cycle menstruel, tous les 28 jours, un follicule grossit, saillie à la surface de l'ovaire et éclate pour libérer, le 14^{ème} jour, environ, un ovocyte, qui sera capté par la trompe de Fallope voisine.

Ensuite, le follicule dégénère, prenant le nom de corps jaune. En règle générale, chaque ovaire libère un ovule un mois sur deux, sauf en cas de grossesse [46].

I.2. Les trompes de Fallope

Ce sont des tubes de 10 à 12 cm de long, prolongés par un pavillon bordé de franges. Durant le cycle menstruel, l'ovocyte libéré par l'ovaire au moment de l'ovulation est capté par le pavillon. Ils représentent le lieu de la fécondation [47].

I.3 L'utérus

Pendant la vie génitale et en dehors de la grossesse, l'utérus est un organe creux de petite taille (7 à 8 cm de haut) comportant une épaisse paroi musculaire.

Il est logé dans le petit bassin, entre la vessie et le rectum. En forme de cône, pointe en bas, il comprend une partie renflée [47].

I.4 Le vagin

Le vagin est un conduit musculaire de 8 à 12 cm de longueur qui relie le col de l'utérus à la vulve [47].

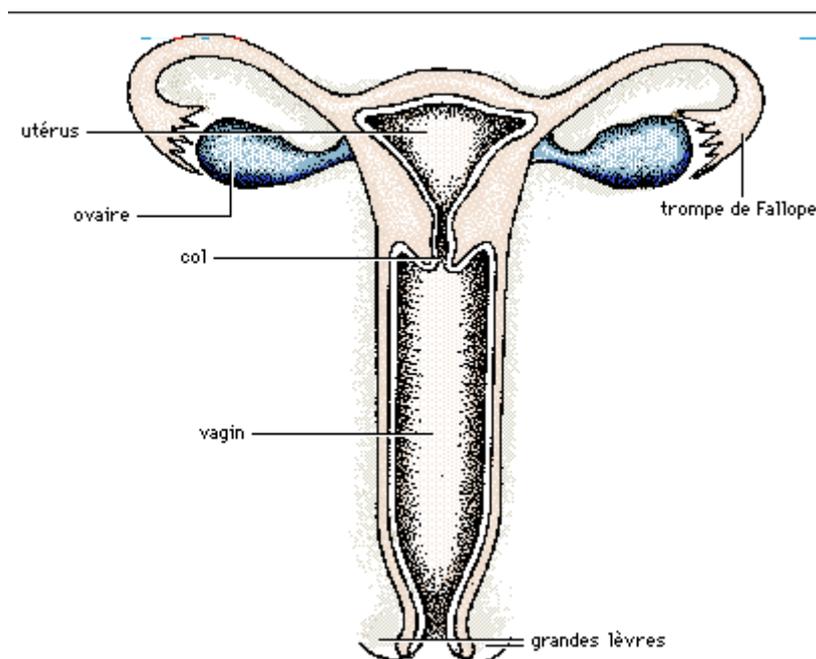


Figure 4.1.1 L'appareil génital féminin

II. Modélisation de l'appareil génital féminin

Nous allons présenter les différentes étapes suivies pour modéliser l'appareil génital féminin.

Dans un premier temps, nous avons créé une sphère d'après le lightbox >tool (situé en bas de la fenêtre Tool à droite de la scène), puis on a cliqué sur la touche T du clavier pour passer au mode édition puis convertir la sphère en polymesh 3d à travers l'icône Make PolyMesh3d (en haut de la fenêtre Tool) (figure 4.2).

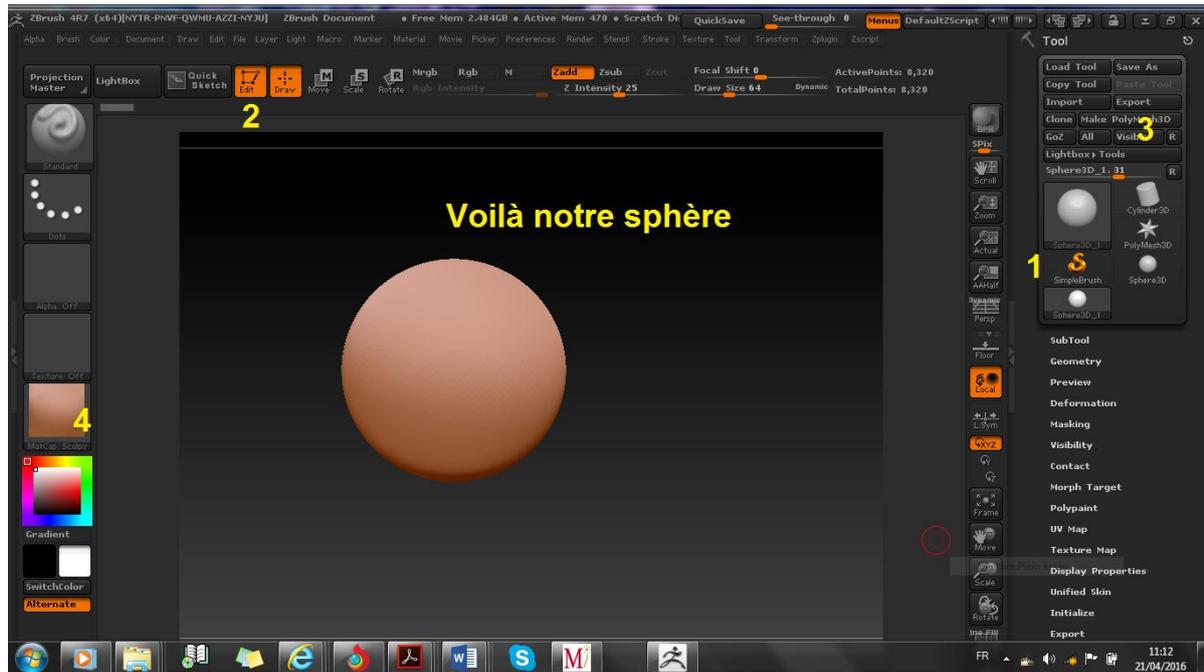


Figure 4.1.2 La ZSphere, mode édition et PolyMesh3d

Maintenant on peut sculpter notre sphère. Il faut faire le bon choix des brosses pour les formes grossières et pour les détails. La manière de procéder pour sculpter n'est pas unique chacun son imagination. Nous présentons dans ce qui suit notre solution.

Tous d'abord nous appliquons une subdivision (Ctrl + d : ajouter le maillage) pour pouvoir tirer la matière sans problèmes. Puis on clique sur la touche b (pour ouvrir la fenêtre des brosses), on choisit la brosse Move, qu'on a réglé avec une taille de brosse de 356 et une intensité de 40. En même temps on applique la brosse smooth (appuyer sur : Shift) pour faire lisser la surface et éliminer les bosses qu'on a créé. On s'en s'aire également pour corriger les erreurs (figure 4.1.3).

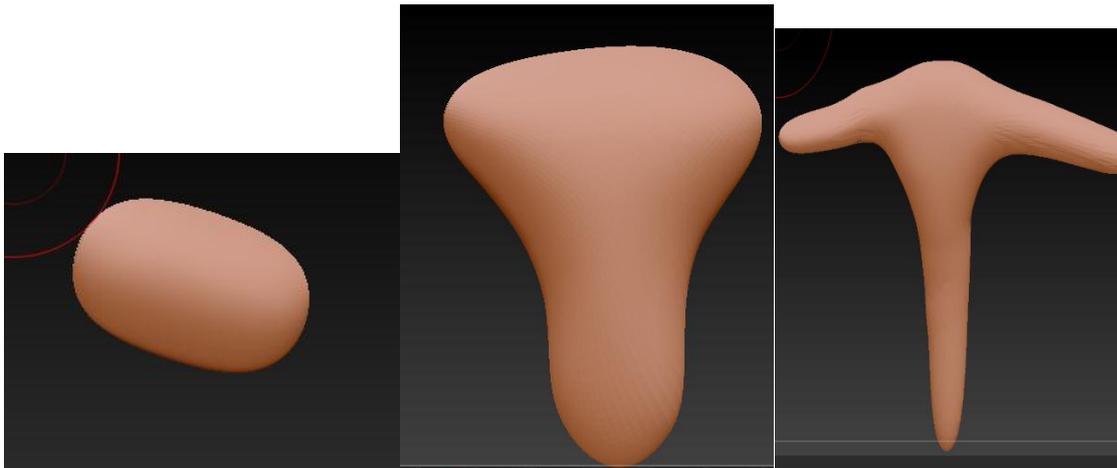


Figure 4.1.3 Les différentes modifications appliquées avec les brosses Move /Smoth

On souhaite parfois ne sculpter que certaines parties de façon minutieuse, sans déborder ou déformer ; Contraster et marquer des séparations en ne déplaçant la matière que d'une seule partie sans perdre la forme globale. Pour cela on utilisera les masques. Ces derniers empêchent aussi certaines fonctionnalités d'agir sur le maillage. On peut par exemple empêcher la palette déformation de fonctionner à certains endroits, empêcher de colorer des parties, etc.

Pour masquer, il faut faire comme si vous alliez sculpter, mais en pressant en même temps la touche Ctrl. La partie masquée sera alors noircie donc gelée. Vous pouvez continuer à masquer de nouvelles zones, sculpter, prolonger le masque, etc. Pour « démasquer » ou (Unmask), utilisez Ctrl et Alt en même temps. Pour enlever tous les masques se trouvant sur la sculpture, appuyer ctrl + clic gauche dans le vide et déplacer la souris : cela créera un rectangle de masking. Pour inverser la sélection, c'est à dire masquer ce qui ne l'était pas, cliquez à côté de votre sculpture avec un Ctrl + clic gauche dans le vide sans déplacer la souris (figure 4.1.4/vidéo 4.1.1).

Pour créer les ovaires on a deux méthodes :

- soit à travers la fenêtre des brosses on choisit InsertSphere, mais pour cela il faut travailler en low poly (c'est-à-dire diminuer le maillage : shift +d ou à travers palette geometry à droite de la scène, cliquer sur : freeze subDivision levels), lorsque la sphère est créée l'ancien objet sera masqué automatiquement (figure 4.1.4.a).
- ou bien à partir de palette subTool (à droite de la scène), cliquer sur Append dans la fenêtre qui apparaît, choisir une sphère. Trois choses se feront simultanément la sphère apparaît en dessus de la liste subTool, elle se transforme automatiquement en polyMesh3d et votre model sera masqué ce qui permet de sculpter le nouveau objet sans difficulté (vous pouvez l'enlever). (figure 4.1.4.b),

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



a

b

Figure 4.1.4 Créer les ovaires (a : 1^{ère} méthode ; b : 2^{ème} méthode)

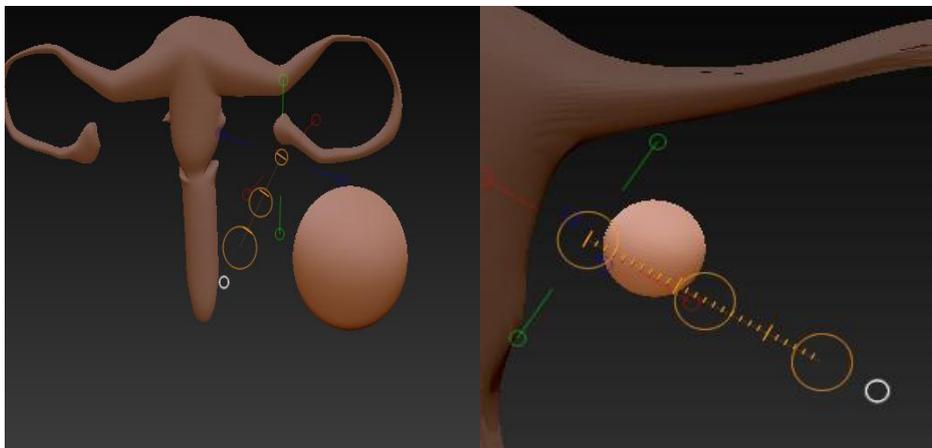
La méthode la plus rapide c'est la première mais la meilleure méthode c'est la deuxième, parce qu'on peut séparer, dupliquer, copier, renommer, supprimer les objets créés, chose qu'on ne peut pas réaliser avec la première méthode (les objets sont collés, une fois l'opération de unmasque effectuée).

Donc, notre sphère a été créée, il nous reste 3 étapes à faire :

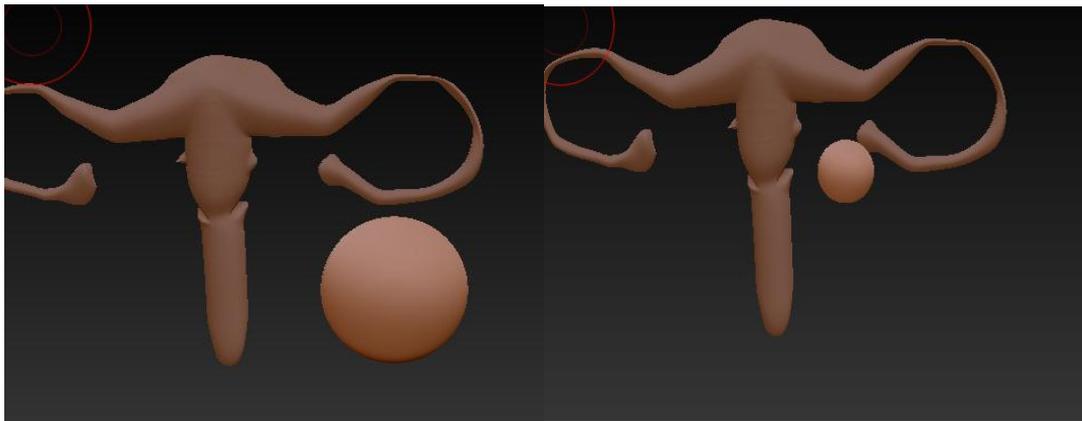
- ❖ Déplacer la sphère avec l'icône Move (au-dessus de la scène dans la barre des palettes ou raccourci clavier w). La ligne TransPose va apparaître et le cercle du centre permet le déplacement. (figure 4.1.5.a)

Remarque : Dans TransPose, le cercle au milieu est pour le Move, les 2 cercles aux extrémités sont réservés pour le scale et rotate.

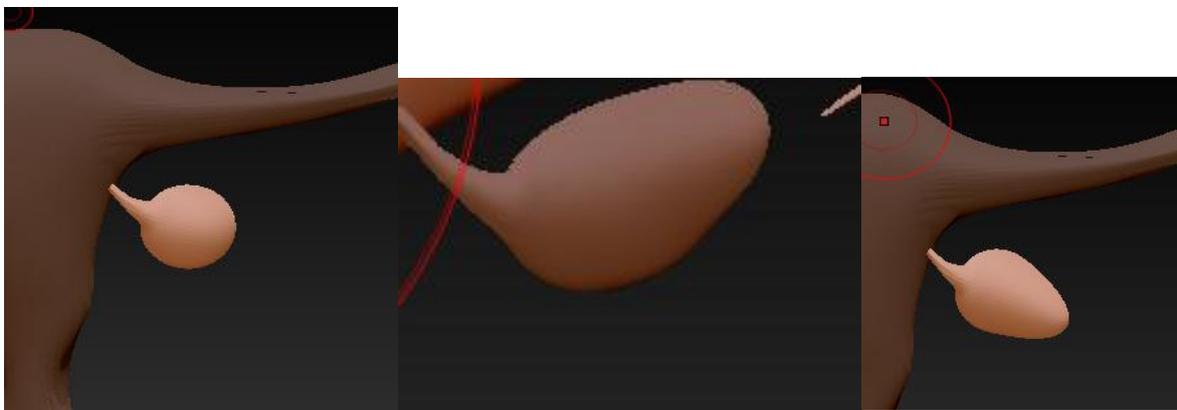
- ❖ Modifier la taille à l'aide de la palette de déformation (se trouve à droite de la scène). (figure 4.1.5.b)
- ❖ Sculpter la forme avec la brosse Move (taille : 300/intensité : 33) ; puis créer les ligaments qui relient les ovaires aux organes voisins (utérus, trompes) avec la brosse SnakeHook (taille : 120/intensité : 33), une fois fait, repositionner l'ovaire par la ligne TransPose. (figure 4.1.5.c)



a



b



c

Figure 4.1.5 Les 3 étapes suivies pour créer les ovaires (a : déplacement ; b : réduction de la taille ; c : sculpture de la forme)

Pour le deuxième ovaire, tout simplement sélectionner l'ovaire que vous avez créé puis cliquer en bas sur Duplicate (figure 4.1.6).

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



Figure 4.1.6 Dupliquer l'objet

Maintenant, on a terminé les ovaires. Pour créer la trompe de Fallope vous devez sélectionner l'ancien objet à travers la liste de SubTool puis à l'aide de la brosse SnakeHook (taille : 120/intensité : 33), vous pouvez la réaliser (figure 4.1.7).

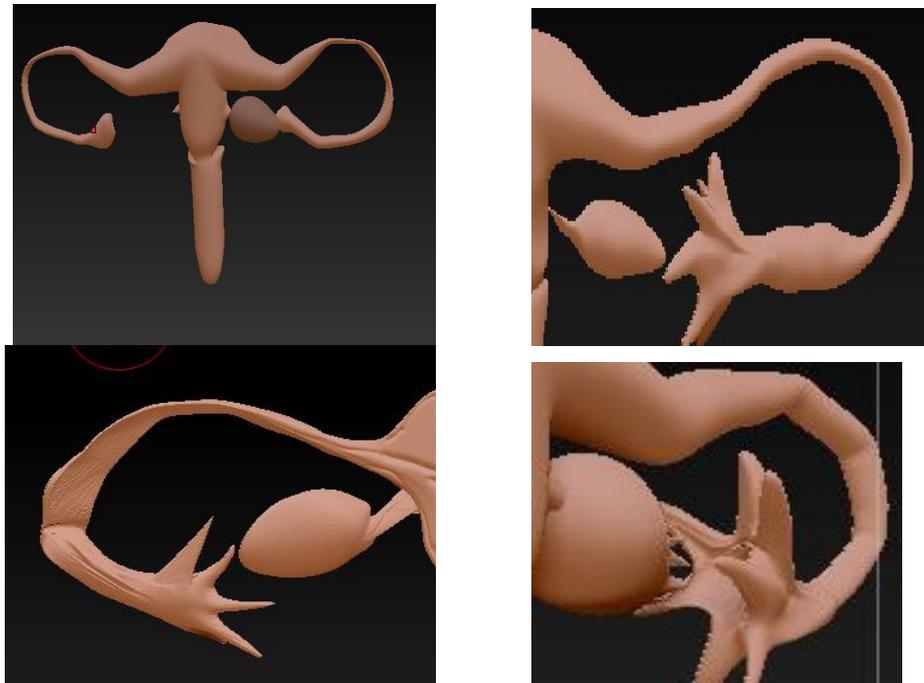


Figure 4.1.7 Création de la trompe de Fallope

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

La figure 4.1.8 illustre le résultat finale.

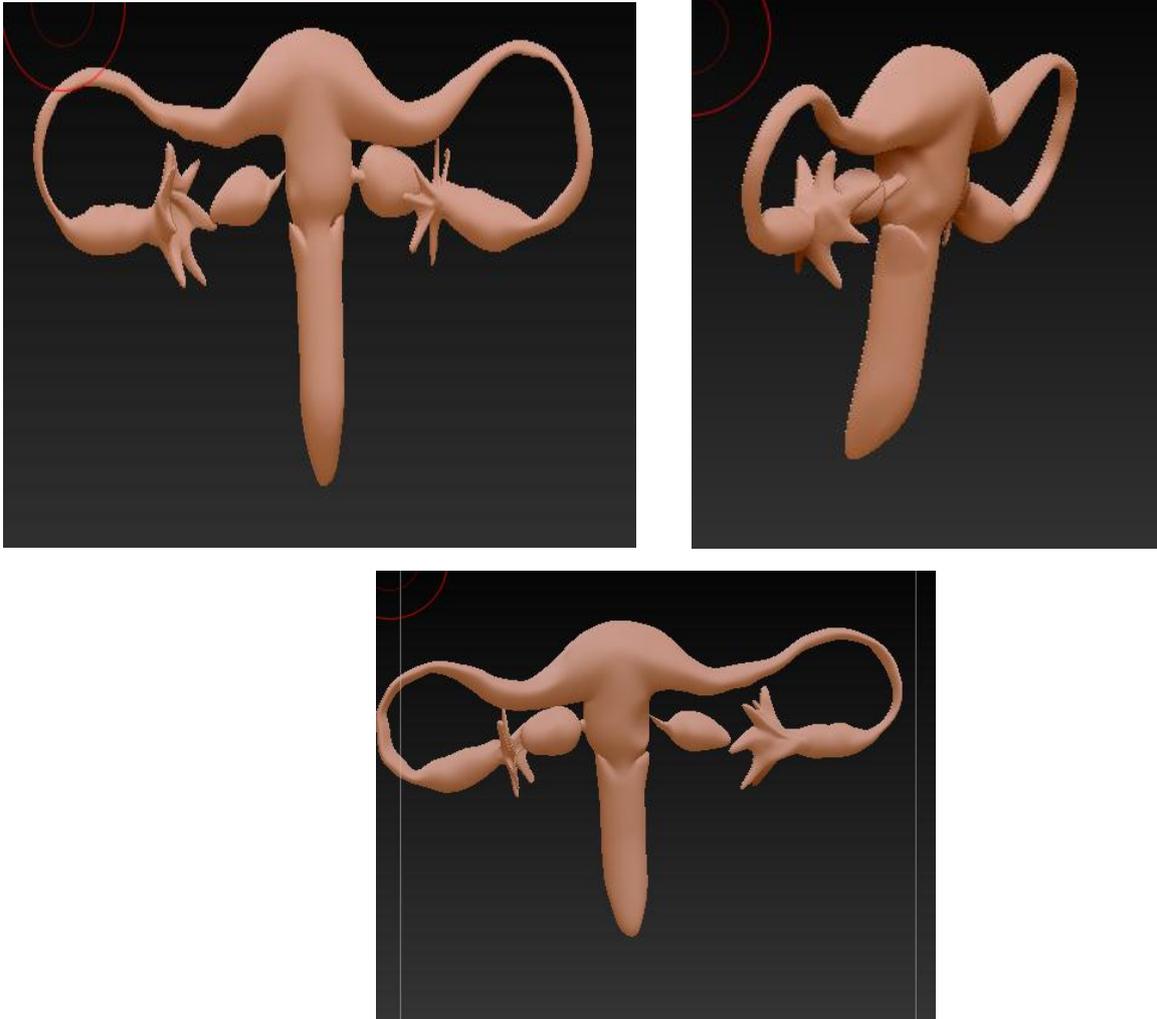
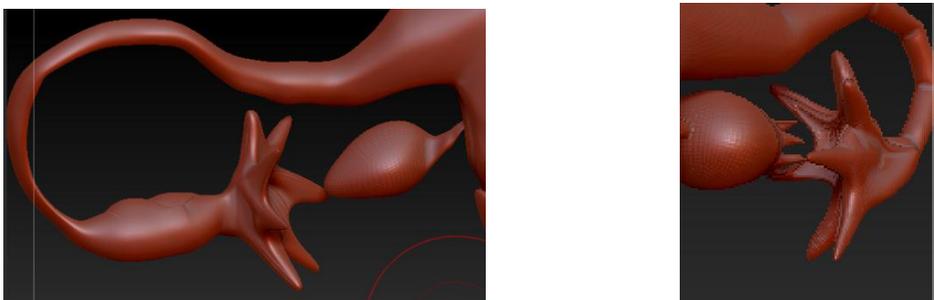


Figure 4.1.8 L'appareil génital de la femme

Nous avons aussi réalisé l'appareil génital de la femme lors du phénomène d'ovulation (figure 4.1.9).



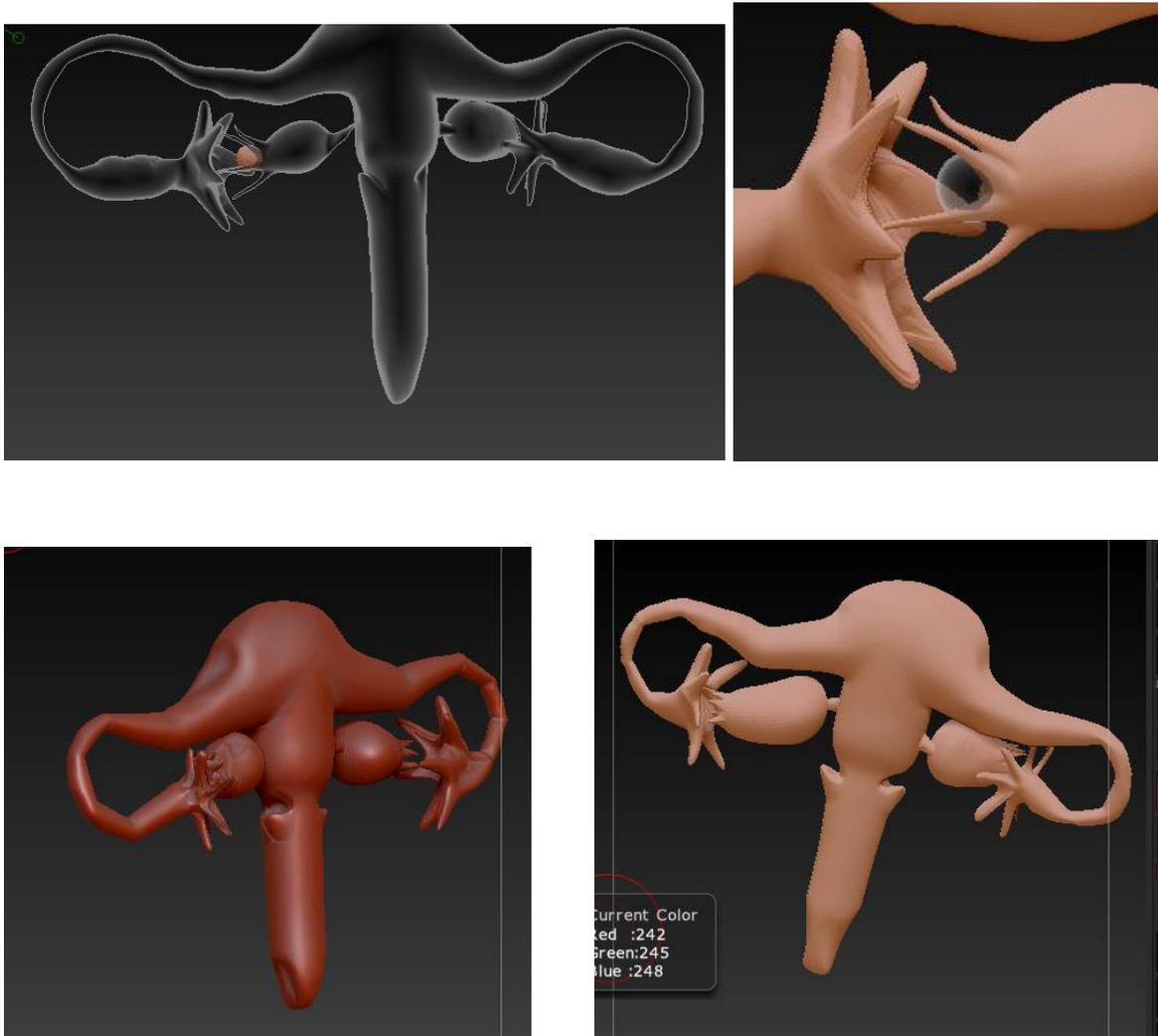


Figure 4.1.9 Phénomène d'ovulation

On vient de voir la forme globale de l'appareil génital de la femme, maintenant nous entrons un petit peu dans les détails, pour cela on va réaliser une coupe. Il faut donc faire une modélisation interne de l'appareil génitale féminin.

On commence par créer une sphère, puis choisir une brosse qui creuse. Il faut pour cela activer Zsub (au-dessus de la scène). Puis avec la brosse Dam-Standard, et avec le bon choix de Alpha (type de tracé), et Strokes (la forme du curseur sur la toile), on va ajouter les différentes couches de l'utérus et du vagin.

Vous pouvez créer la forme désirée de plusieurs façons. Zbrush a l'avantage d'importer de nouveaux motifs ou créer ses propres Alphas. Pour ajouter des détails spécifiques propres à votre modèle.

Cela se fera au sein même de ZBrush. Si vous êtes à l'aise dans les logiciels de dessin, privilégiez les Alphas au format Photoshop c'est-à-dire les ".PSD" et Les ".JPG", concernant les PSD, ils doivent être en niveau de gris et non en RVB, sinon ZBrush les considèrera

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

comme des textures et non des alphas. Aussi vous pouvez les télécharger à partir de " Pixologic.com ", le site de la société, même chose pour Strokes. La figure 4.1.10, montre le résultat de cette modélisation.

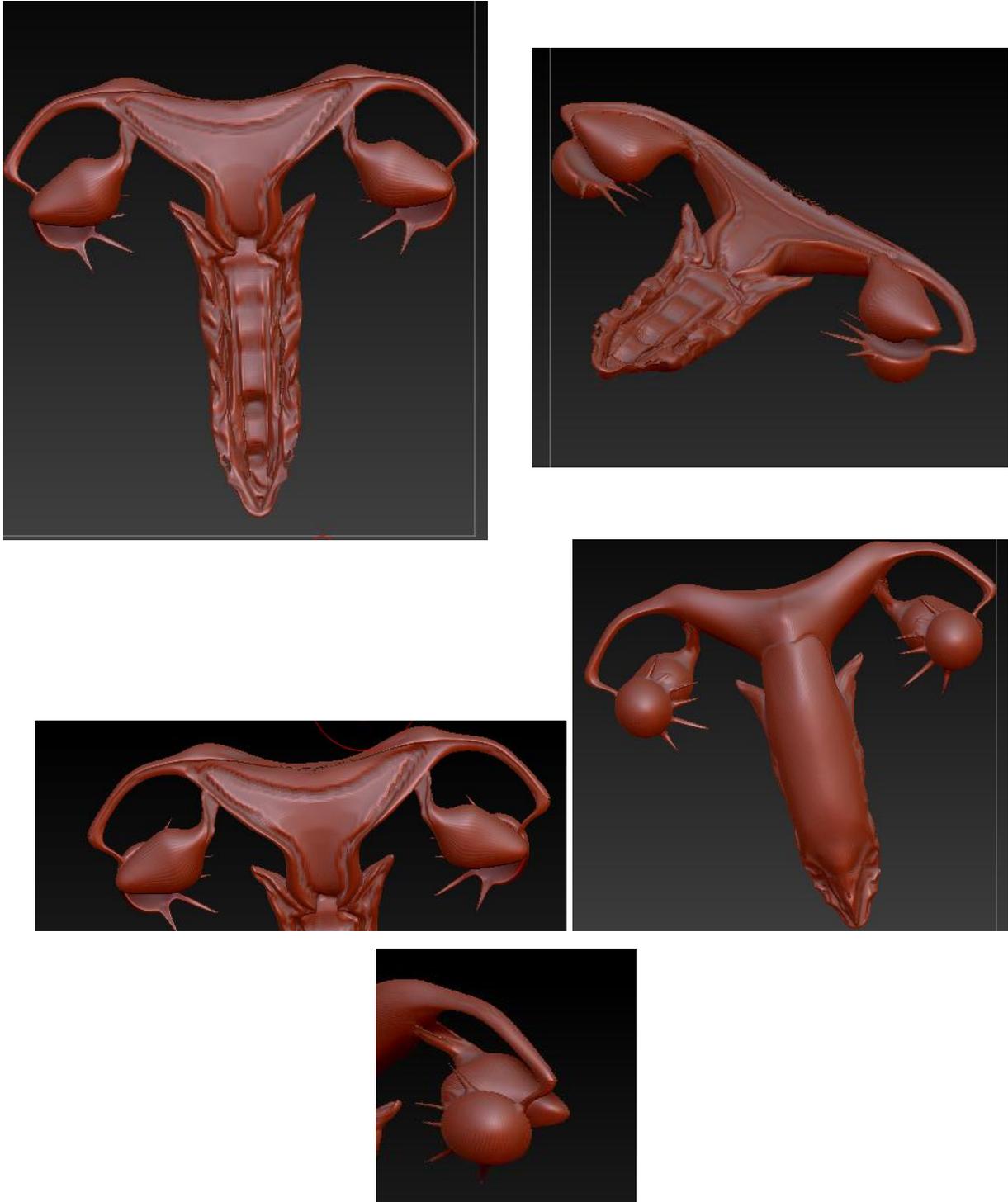


Figure 4.1.10 Coupe de l'appareil génital de la femme avec différentes vues

ZBrush nous permet aussi de colorer notre modèle. Pour cela nous avons suivi 3 étapes (figure 4.1.11):

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

- Si on ne veut que colorer activer RGB à partir du menu Paramètres de la brush ; si on veut colorer et sculpter, comme nous avons fait, activer RGB+Zadd/Zsub sans oublier le choix de Alpha et Strokes (très important pour la bonne forme).
- Dans la palette Polypaint (situé à droite et en bas de la scène), activer Colorize,
- Allez dans le menu de palette (au-dessus de la scène), cliquer sur color->FillObject, permet de colorer seulement la partie que vous voulez. Dans notre cas nous voulons colorer l'intérieur de l'utérus et du vagin.

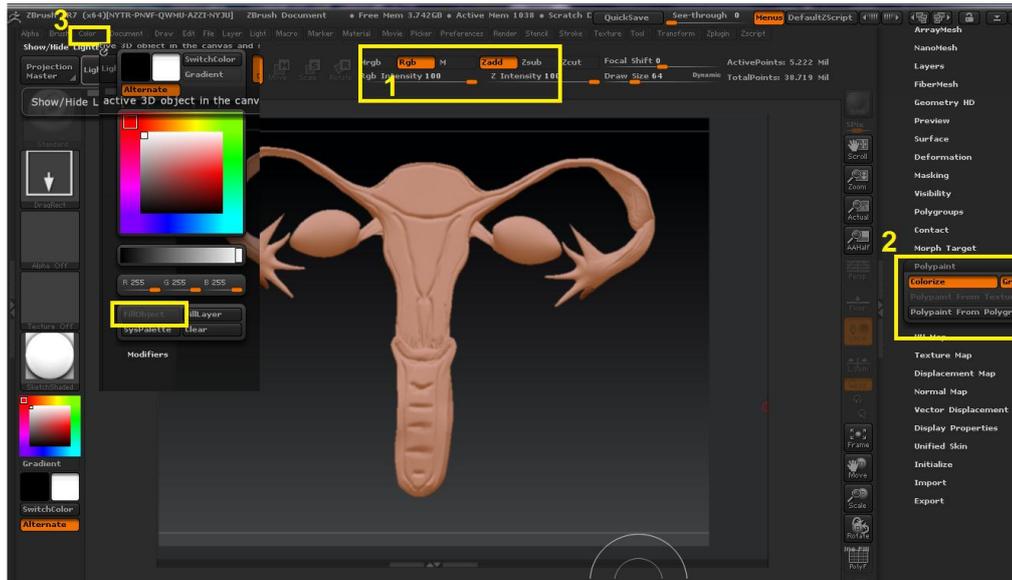
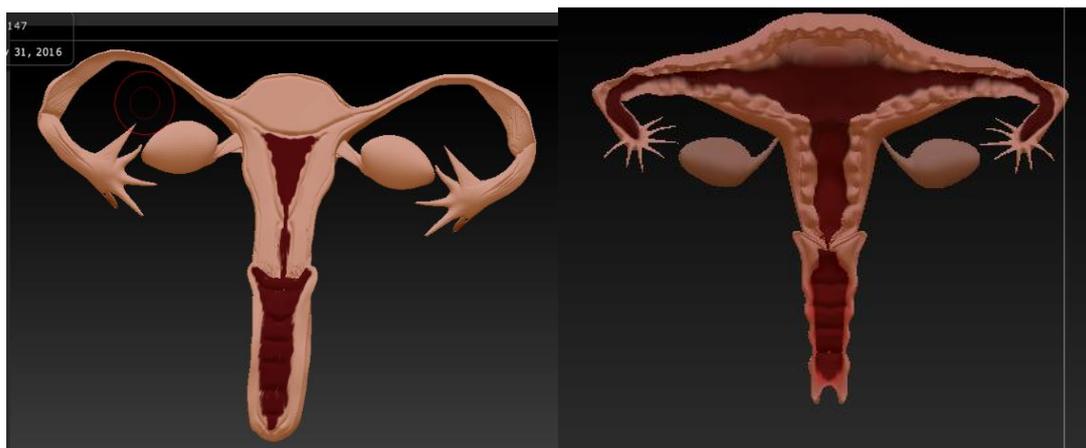


Figure 4.1.11 Appliquer des couleurs aux objets

La figure 4.1.12 montre notre choix de brosse, alpha, strokes et l'évolution de notre travail.



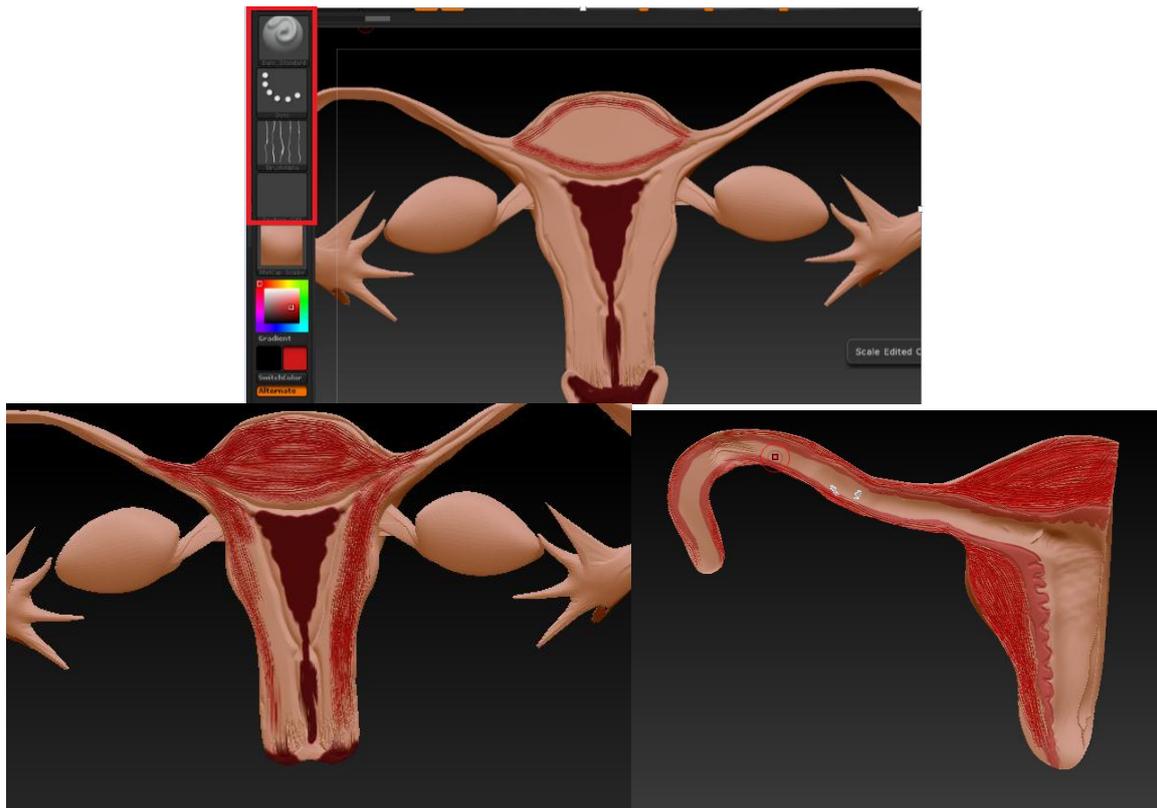


Figure 4.1.12 Les détails avec Alpha, Strokes, et PolyPaint

III. Spermatozoïde

III.1. Définition

Le spermatozoïde est une cellule reproductrice (gamète) mâle.

III.2. Structure

Le spermatozoïde est une cellule de 50 micromètres de long, composée d'une tête, d'une pièce intermédiaire et d'un flagelle (queue). La tête, ovale, pointue vers l'avant et aplatie vers l'arrière, mesure 3 micromètres d'épaisseur. Elle est presque entièrement formée par le noyau qui contient le génome (matériel génétique, support de l'hérédité) [48] (figure 4.1.13).

La pointe de la tête est coiffée d'un petit sac, l'acrosome, rempli d'enzymes qui dissolvent les structures rencontrées par le spermatozoïde, en particulier l'enveloppe de l'ovule, ce qui permet la pénétration de celui-ci.

À la tête fait suite la pièce intermédiaire, qui assure la production d'énergie, elle-même directement reliée au flagelle, grêle, long et flexible, qui, lui, assure le déplacement. Le flagelle propulse la tête du spermatozoïde, qui progresse en oscillant à droite et à gauche, ce qui lui permet de contourner les obstacles.

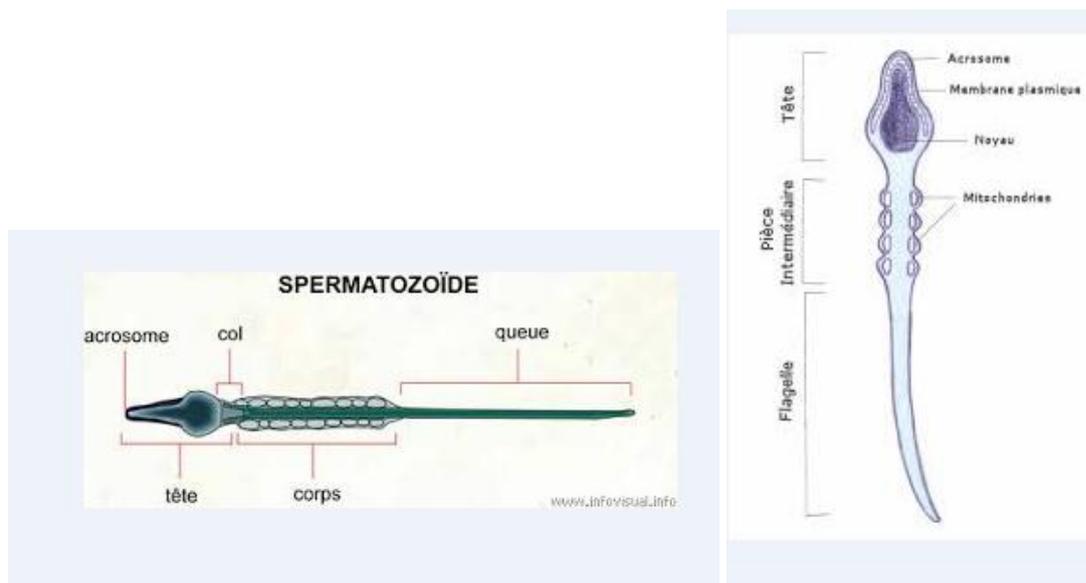


Figure 4.1.13 Le spermatozoïde

IV. Modélisation d'un spermatozoïde

Nous allons montrer comment on peut modéliser un spermatozoïde. Pour simplifier un petit peu les choses, on doit commencer par la tête puis la queue ensuite les mitochondries et en termine par la membrane plasmique.

- la tête :

Comme l'habitude nous avons suivi les mêmes étapes pour créer notre sphère qui sera la tête.

À l'aide de palette déformation (à droite de la scène) nous avons réglé la taille et la forme puis nous avons sculpté la sphère avec la brosse Move (taille : 120/intensité : 33) et en même temps avec la brosse Smooth. Avec la brosse SliceCurve (ctrl+shift), nous avons coupé ce qui dépasse (figure 4.1.14.a)

- la queue :

On passe à la modélisation de la queue, on insert une sphère depuis la fenêtre des brosse puis on la transforme presque comme un tube à travers 3parametre de la palette Deformation (Cavity, Inflate Balloon, Squeeze), on sculpte par la brosse Move et on crée la fin de queue par la brosse SnakeHook. Pour zigzaguer la forme de la queue c'est-à-dire forme ondulatoire il suffit d'utiliser la brosse Move Elastic (figure 4.1.14.b)

- les mitochondries :

Depuis la palette SubTool, on clique sur Append, puis on choisit un cylindre, et on clique sur ctrl +d 2fois (ajouter le maillage) et on réduit sa taille à l'aide de palette Deformation. Ensuite on coupe le cylindre avec la brosse TrimCurve (figure 4.1.14.c), puis on duplique la nouvelle forme (plusieurs mitochondries). Avec la ligne de TransPose on les positionne autour de la queue. On a également réalisé les mitochondries par la méthode de masque qui sera expliqué dans la réalisation de la membrane plasmique.

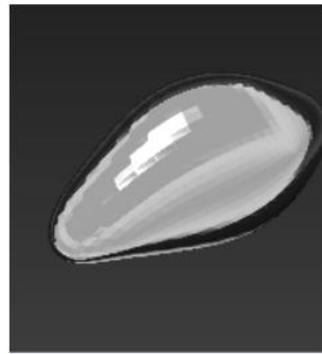
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

- la membrane plasmique :

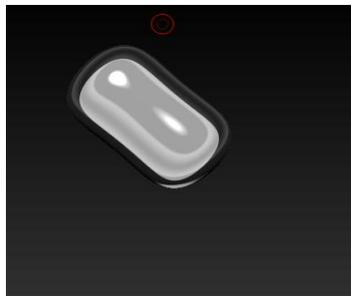
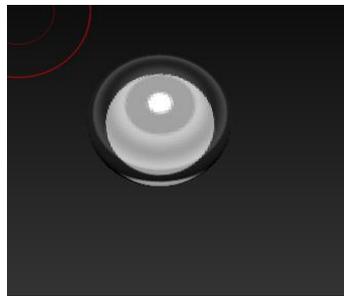
Nous l'avons réalisé par plusieurs méthodes mais la plus simple, c'est celle du masque. Dans un premier temps on sélectionne la tête, la queue et on désélectionne tous les mitochondries qu'on a créé, puis on clique sur ctrl pour masquer la surface. Avec la palette SubTool on va modifier la quantité de volume qu'on veut extraire. Enfin on clique sur Extract. Ce magnifique tool permet une prévisualisation du résultat. On confirmera la création du volume, une fois qu'on obtient le résultat souhaité (figure 4.1.14.d). La nouvelle forme ainsi obtenue, peut être dupliquée, renommée...

Lorsqu'on a terminé toutes ces étapes on change la matière de notre modèle de spermatozoïde pour approcher un petit peu la réalité. Notre choix est : GelShader B.

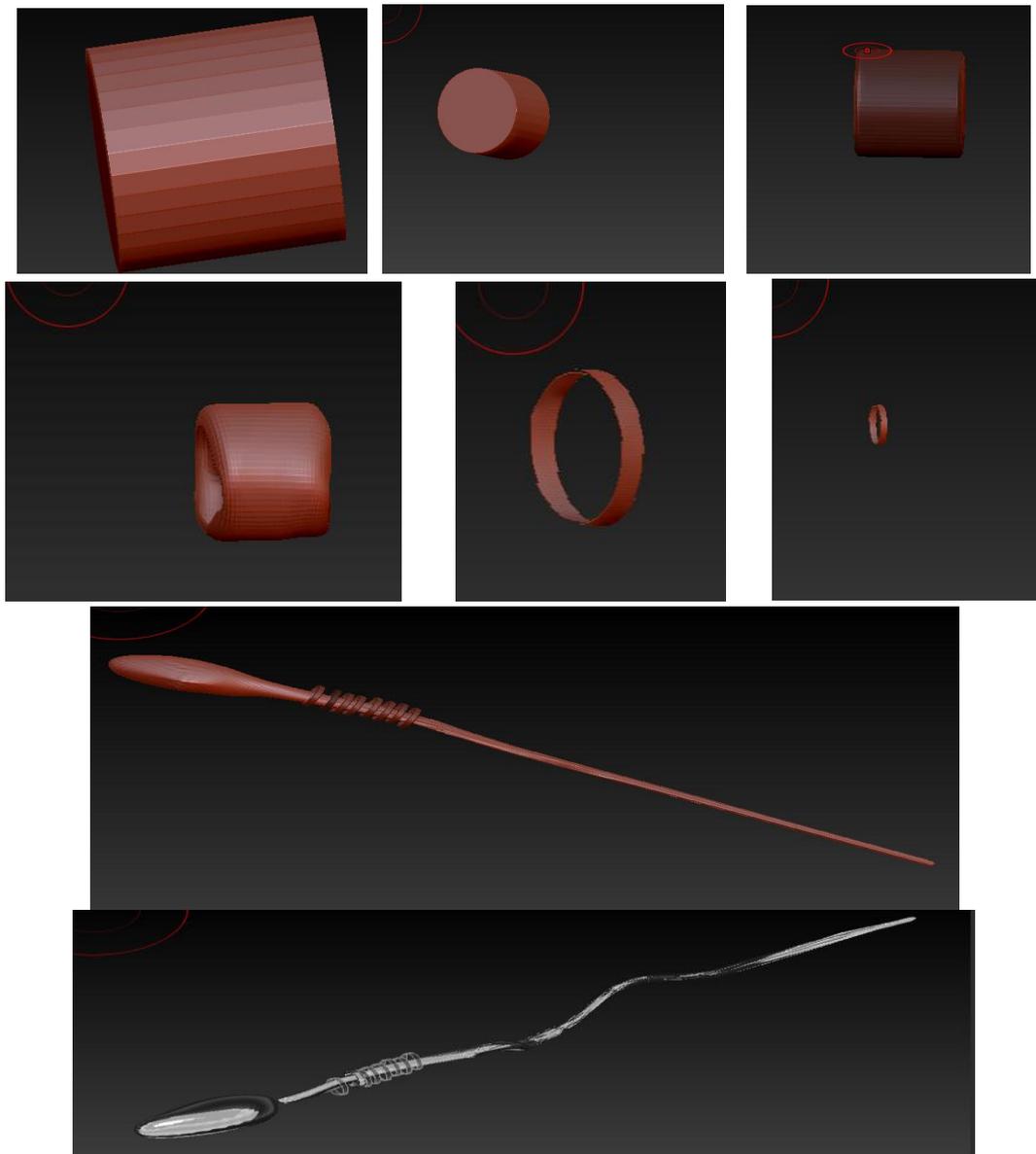
La figure 4.1.15, montre les sous objets obtenus. La figure 4.1.16 présente le résultat de la modélisation avec le choix des matériaux et texture.



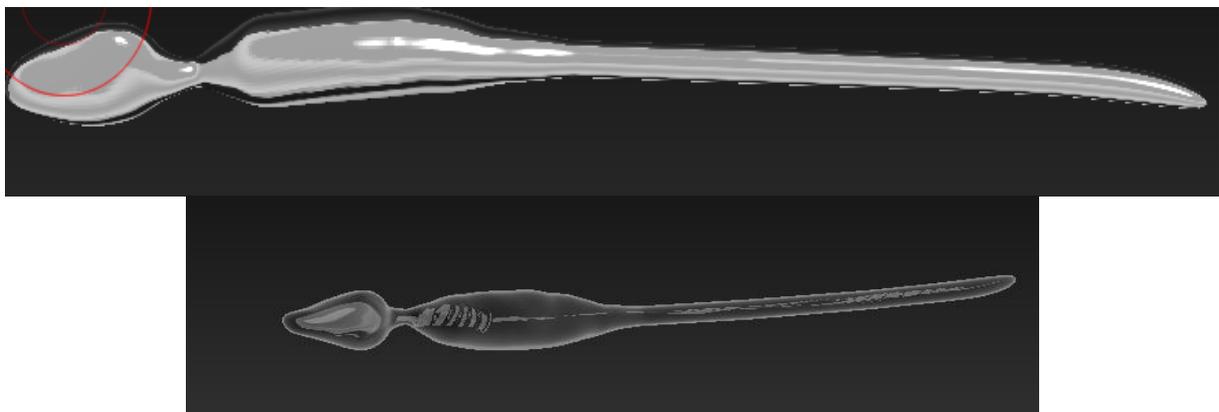
a. La tête



b. La queue



c. les mitochondries



d. la membrane plasmique

Figure 4.1.14 Modélisation des différentes parties d'un spermatozoïde (la tête (a), la queue (b), les mitochondries (c) et la membrane plasmique (d)).

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

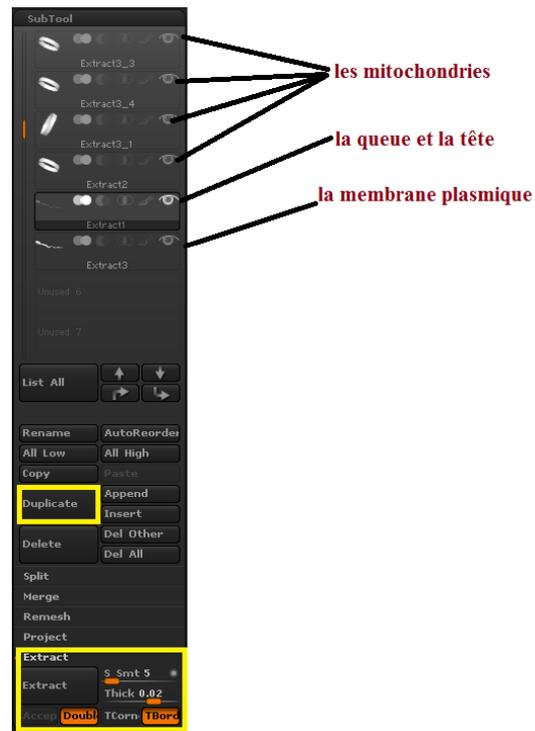
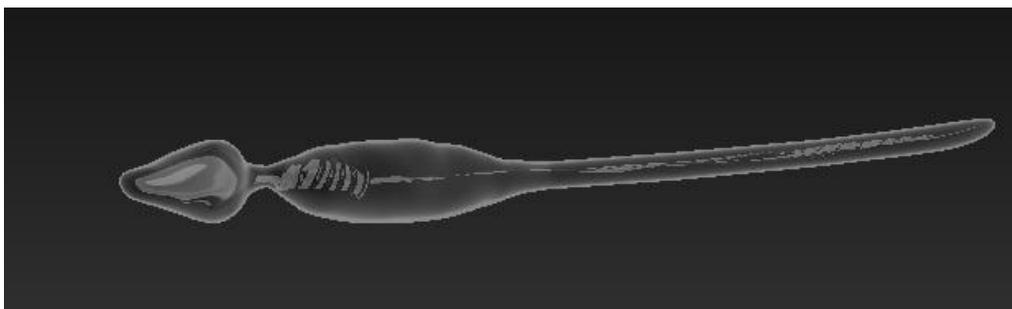


Figure 4.1.15 Etapes suivies enregistrées dans la palette SubTool



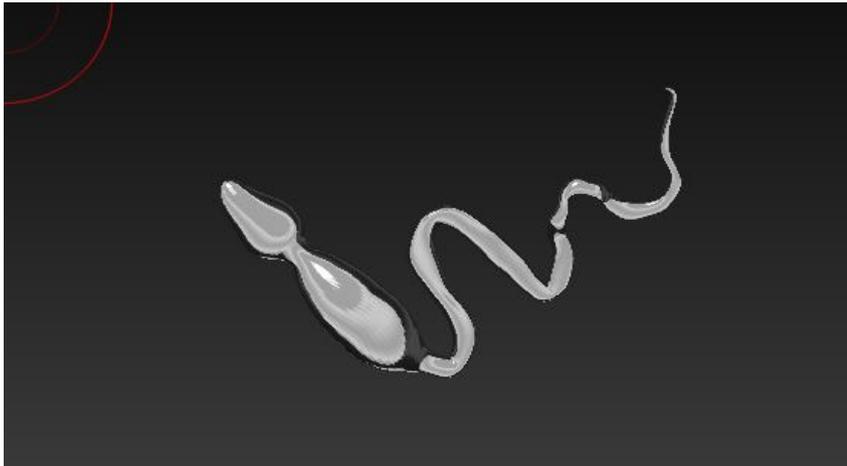


Figure 4.1.16 Modélisation du spermatozoïde

V. La fécondation

C'est l'évènement initiateur du développement embryonnaire. Elle consiste en la rencontre entre un ovocyte et un spermatozoïde. Cette rencontre engendre l'œuf fécondé (ou cellule œuf ou embryon) au stade unicellulaire ou encore zygote : il s'agit d'une cellule unique.

L'ovocyte et le spermatozoïde sont haploïdes et donnent une cellule diploïde [49].

V.1. Phénomènes précédant la fécondation

V.1.1. Le transit de l'ovocyte dans la trompe de Fallope

L'ensemble ovocyte et ses enveloppes (cumulus oophorus, corona radiata, zone pellucide), est récupéré par le pavillon de la trompe au moment de l'ovulation (figure 4.1.17).

La progression de l'ovocyte dans la trompe est assurée par un mécanisme mettant en jeu plusieurs facteurs :

- Le mouvement ciliaire de l'épithélium tubaire.
- Les contractions musculaires de la paroi tubaire.

La durée de vie de l'ovocyte est de 6 à 24 heures après l'ovulation.

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

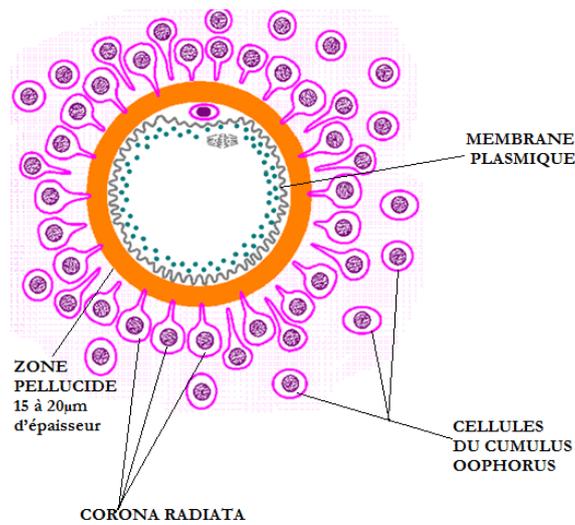


Figure 4.1.17 Ovocyte

V.1.2. La migration des spermatozoïdes

Lors de l'éjaculation, 100 à 300 millions de spermatozoïdes sont déposés au fond du vagin.

Les premiers spermatozoïdes atteignent l'ampoule tubaire en 30 minutes.

Seulement quelques centaines arrivent au contact des cellules du cumulus oophorus après avoir traversé le tractus génital féminin.

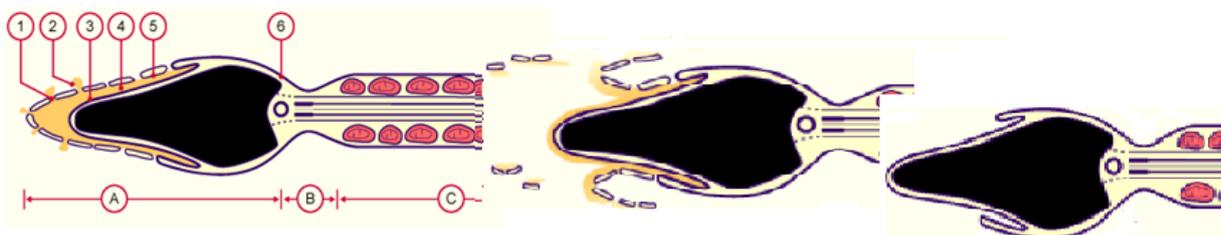
V.2. Déroulement de la fécondation

V.2.1. La réaction acrosomiale

C'est l'ouverture de l'acrosome.

La membrane cellulaire des spermatozoïdes fusionne avec la membrane extérieure de l'acrosome suivi de la formation de pores (figure 4.1.18).

Le contenu de l'acrosome (les enzymes) parvient ainsi à l'extérieur pour lyser les membranes ovocytaires.



- 1: PORES
- 2: SORTIE DU CONTENU ACROSOMIQUE
- 3: MEMBRANE ACROSOMIQUE INTERNE
- 4: CONTENU ACROSOMIQUE
- 5: MEMBRANE ACROSOMIQUE EXTERNE
- 6: MEMBRANE CELLULAIRE

- A: TETE
B: COL
C: PIECE INTERMEDIAIRE

Figure 4.1.18 Réaction acrosomiale

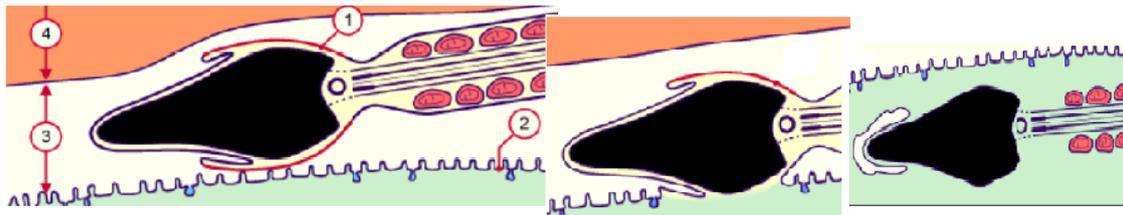
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

V.2.2. Fusion des gamètes

Après la traversée des enveloppes ovocytaires (cumulus oophorus et zone pellucide) le spermatozoïde se colle à l'ovocyte.

Il y a adhésion puis fusion des deux membranes plasmiques.

Le spermatozoïde encore mobile s'enfonce dans le cytoplasme ovocyttaire et finit par s'incorporer totalement à l'ovocyte (figure 4.1.19).



- 1: ZONE POST ACROSOMIQUE
- 2: MEMBRANE DE L'OVOCYTE
- 3: ESPACE PERIVITELLIN
- 4: ZONE PELLUCIDE

Figure 4.1.19 Fusion des gamètes

V.2.3. Activation de l'œuf

L'ovocyte achève sa deuxième division méiotique.

Une des cellules filles reçoit très peu de cytoplasme, c'est le deuxième globule polaire.

L'autre est l'œuf définitif, dont les chromosomes 22 + X se rangent dans un noyau : le pronucléus femelle.

V.3. Conséquences de la fécondation

V.3.1. Restauration de la diploïdie

L'amphimixie est la fusion des 2 lots haploïdes de chromosomes.

Elle ne survient qu'après la formation des 2 pro-noyaux (pronucléus).

Elle va immédiatement être suivie de la première division cellulaire de l'œuf, aboutissant à la formation des deux premiers blastomères.

V.3.2. Détermination du sexe génétique

Le sexe du zygote dépend du chromosome sexuel apporté par le spermatozoïde.

- Si celui-ci est un X : le zygote sera XX, donc de sexe féminin.
- Si celui-ci est un Y : le zygote sera XY, donc de sexe masculin.

VI. Modélisation de l'ovocyte

L'idée suivie est de créer une sphère puis la vider ensuite créer une autre sphère plus petite à l'intérieur de la première. Les chromosomes seront placés à l'intérieure de la sphère interne. En dernière étape, il faut créer la couche qui englobe tout ceci, la corona radiation (couche des cellules folliculaire qui entoure l'ovocyte), sans oublier le globule polaire.

Mais la difficulté qui se présent ici, c'est : comment on peut créer une sphère vide, parce qu'il n'y a pas un outil dans Zbrush qui nous permet cela. Pour résoudre ce problème nous avons développé notre propre méthode basée sur l'usage d'un masque.

Reprenons donc du début, nous avons suivi les mêmes étapes que précédemment : créer une sphère, passer au mode Edit, convertir en polymes3d, ajouter le maillage. Nous avons sélectionné la brosse MaskRect (la fenêtre de ce genre de brosse n'apparait que lorsqu'on appui sur ctrl), l'avantage de ce choix de brosse est que : lorsqu'on masque l'objet les extrémités du masque sont bien définit (pas de zigzague ou une forme en escalier)

À l'aide de cette brosse on a masqué la moitié de la sphère et à travers la palette SubTool on clique sur Extract (thick : 0.02) puis Accept.

On désélection la nouvelle forme (ce qui la rend invisible sur la toile). Faites attention de ne pas démasquer la demi sphère parce qu'on veut masquer l'autre demi sphère (c'est-à-dire on doit préserver la même dimension). On clique sur ctrl + clic gauche dans le vide sans déplacer la souris ça nous permet d'inverser le masque, on répète les mêmes étapes. À ce moment on obtient deux demi sphère vide il ne nous reste plus qu'à les coller. Mais avant cela on doit sélectionner la sphère qui est créé en premier puis la démasquer et la supprimer à partir de la palette SubTool. La question qui se pose : pourquoi masquer une demi sphère et non pas la sphère entière ?

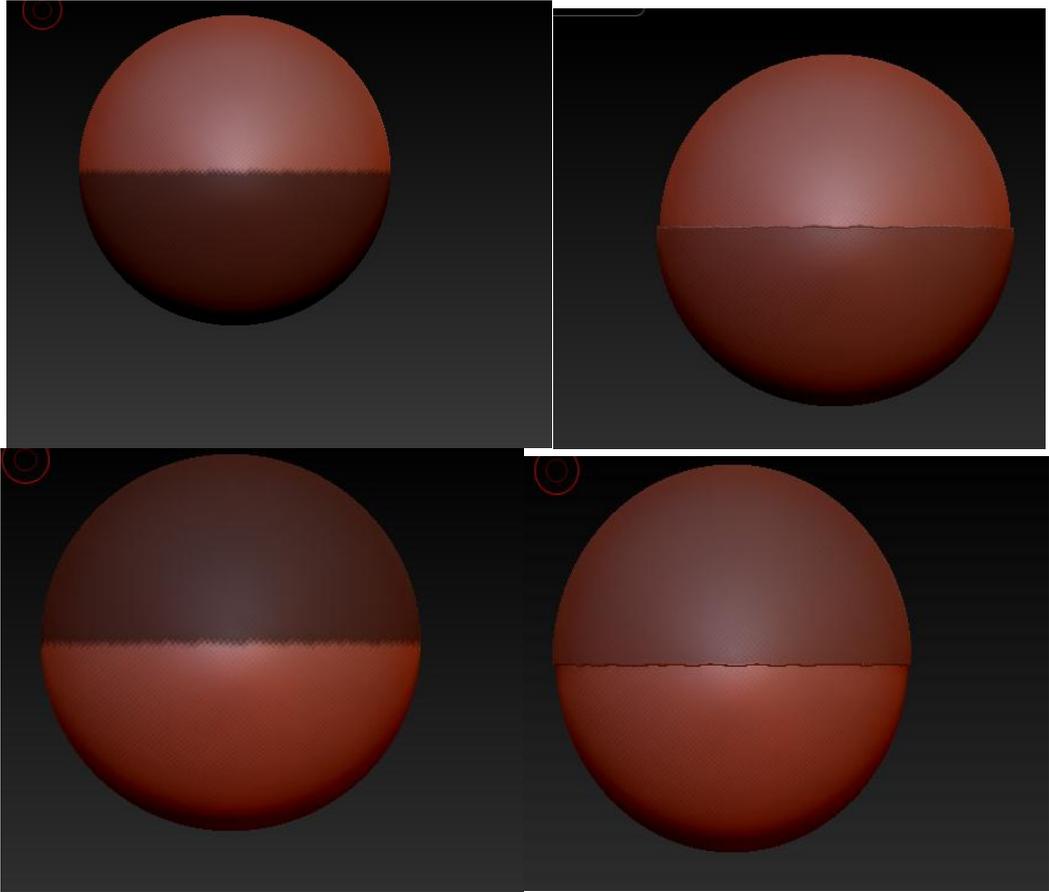
Lorsqu'on masque la sphère complètement ça signifié que tout le volume sera masqué et si on veut extraire la partie masquée, on n'obtient qu'une autre sphère, ce n'est pas notre but.

Pour supprimer la ligne qui se présente entre les demies sphères, à partir de la palette Geometry (à droite de la scène) on clique sur ZRemesher, puis dans la toile en appuyant ctrl + clic gauche dans le vide et déplacer la souris.

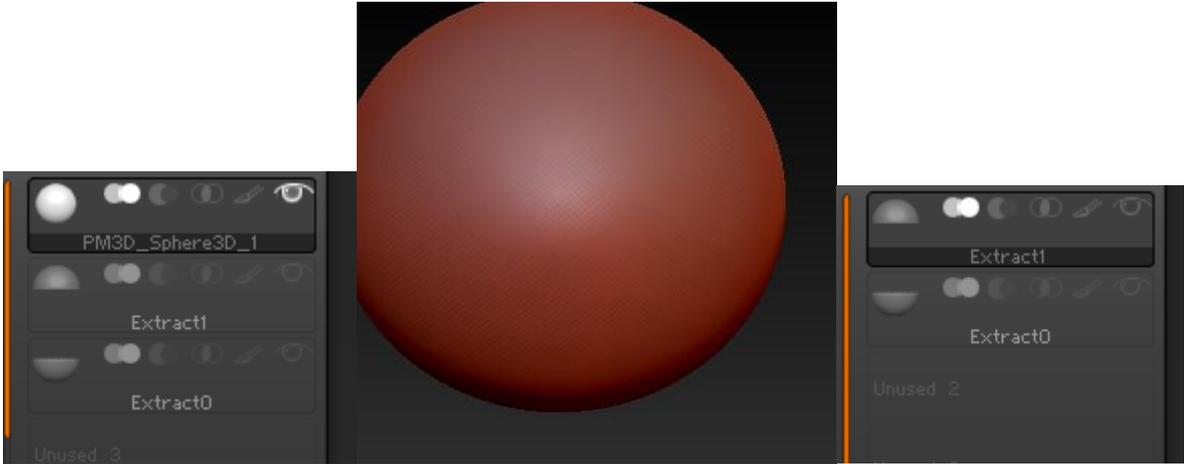
On va expliquer la fonction de ZRemesher, notre objet se compose de deux demis sphère c'est-à-dire 2 poly groupe C'est pour cela qu'on a une ligne séparatrice. Pour l'enlever on doit rendre l'objet uni groupé et pour réaliser cela il suffit de cliquer sur ZRemesher

La figure 4.1.20, montre les résultats de chaque étape.

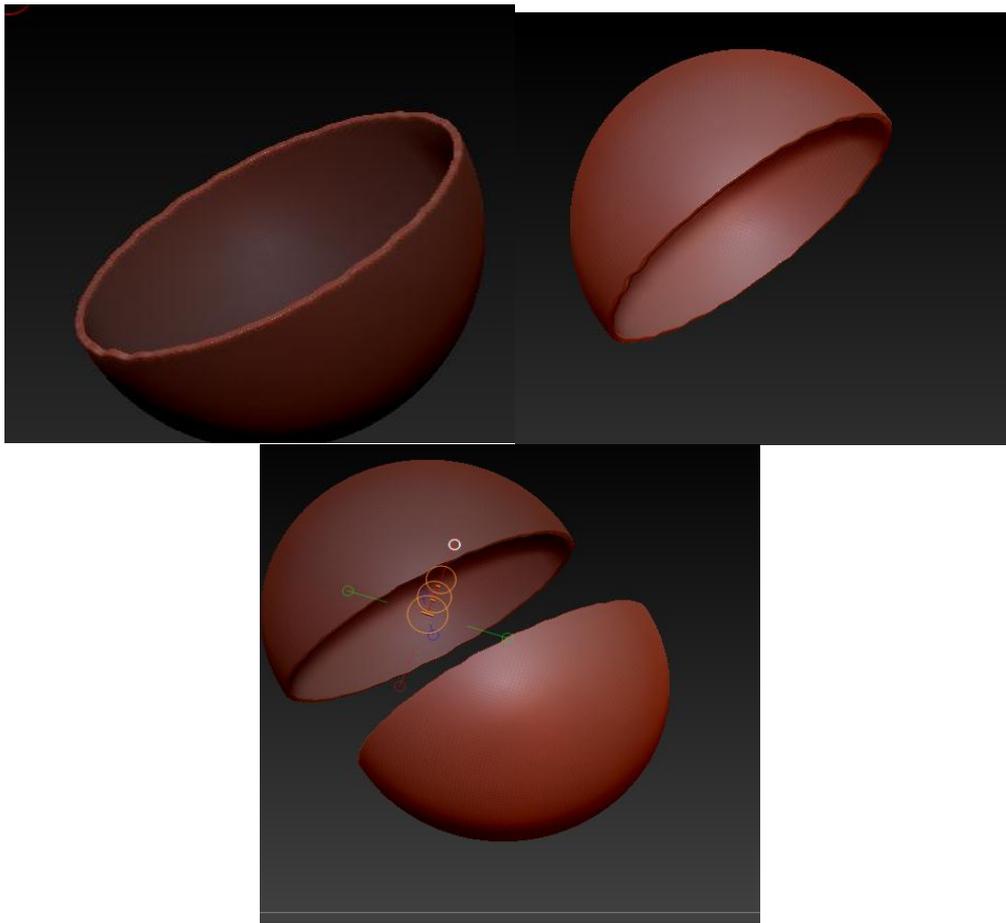
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



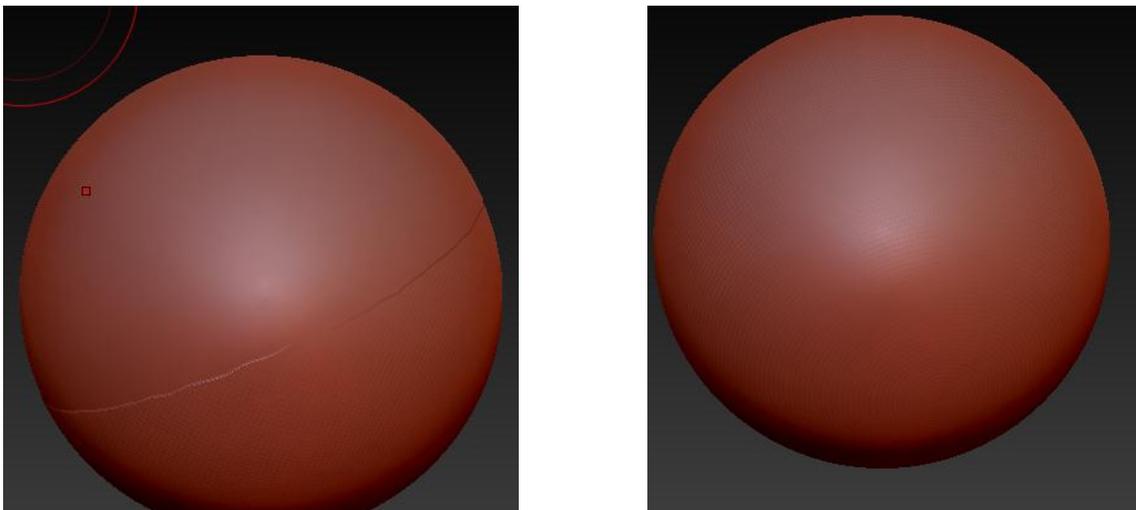
a. Création des demis sphère



b. Supprimer la sphère



c. Les demi-sphères



d. Coller les demi-sphères

Figure 4.1.20 Modélisation d'une sphère vide

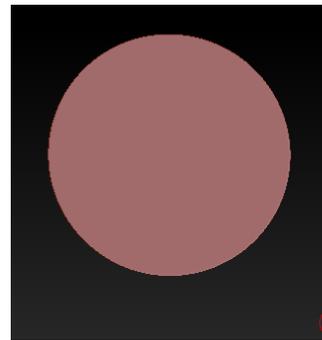
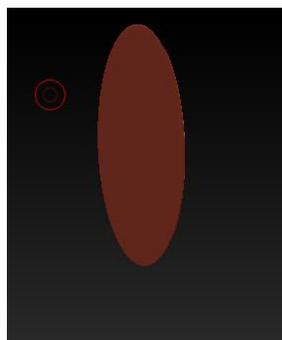
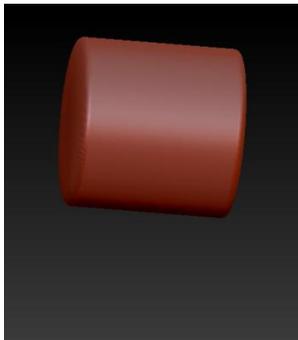
On va vous montrer une astuce, pour ne pas refaire toutes ces étapes lorsque vous aurez besoin une sphère vide : il faut tout simplement enregistrer ce travail dans ZBrush comme un fichier de projet. Nous avons enregistré notre travail sous le nom : Zprojectspherevide.ZPR

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

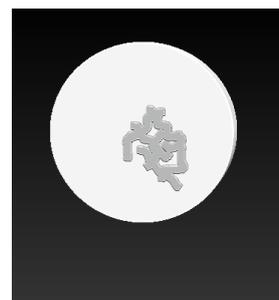
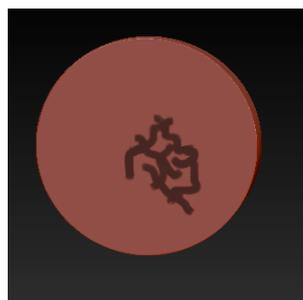
Nous avons chargé le projet qu'on a créé précédant pour créer le noyau de l'ovocyte et à travers la palette Deformation, on a réduit un petit peu la taille.

On passe maintenant à la réalisation des chromosomes, comme nous l'avons dit, il y a plusieurs façon pour réaliser ce que vous voulez et tous dépend de votre imagination. En ce qui nous concerne, nous avons commencé par créer notre propre Alpha à travers le programme Paint, qu'on a enregistré sous format .png, puis on l'a importé dans ZBrush. Mais on a au préalable créé un cylindre et à l'aide de la brosse SliceCirc (ctrl+shift), (taille : 64) ; on a coupé ses extrémités, on n'a laissé qu'une partie très mince.

A partir du menu des Alpha (à gauche de la scène), on choisit notre Alpha, on clique sur ctrl et on commence à dessiner la forme de Alpha, l'étape qui suit c'est garder cette partie et supprimer le reste de la palette SubTool. Nous terminons la modélisation des chromosomes, il ne nous reste plus qu'à les positionner dans le noyau avec la ligne TransPose. La figure 4.1.21 illustre les étapes citées ci-dessus et le résultat obtenu.



a. Créer et copier un cylindre



b. Dessiner et importer la forme de Alpha



c. Supprimer le reste du cylindre

Figure 4.1.21. Modélisation des chromosomes.

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

Pour terminer la forme de l'ovocyte il faut créer la corona radiation. Nous choisissons de la fenêtre des brosses InsertSphere, qui nous permet d'obtenir un ensemble des cellules collées. Il faut tout d'abord réduire la taille de la brosse jusqu'à 27 ; on règle sa position avec la ligne TransPose, refaire plusieurs fois jusqu'à l'obtention de la forme désirée (figure 4.1.22)

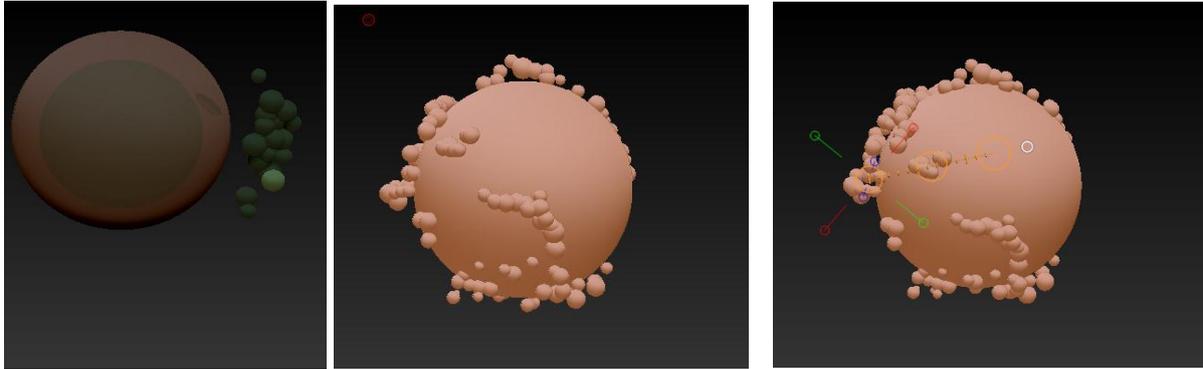


Figure 4.1.22 Modélisation de la corona radiation

En ce qui concerne le globule polaire il suffit de créer une sphère, diminuer sa taille puis la déformer un petit peu avec la brosse Move pour obtenir une forme presque comme l'amande et la positionner à côté de noyau.

La figure 4.1.23 présente le résultat final de notre ovocyte, après certaines modifications (choix de matériaux, couleur et texture).



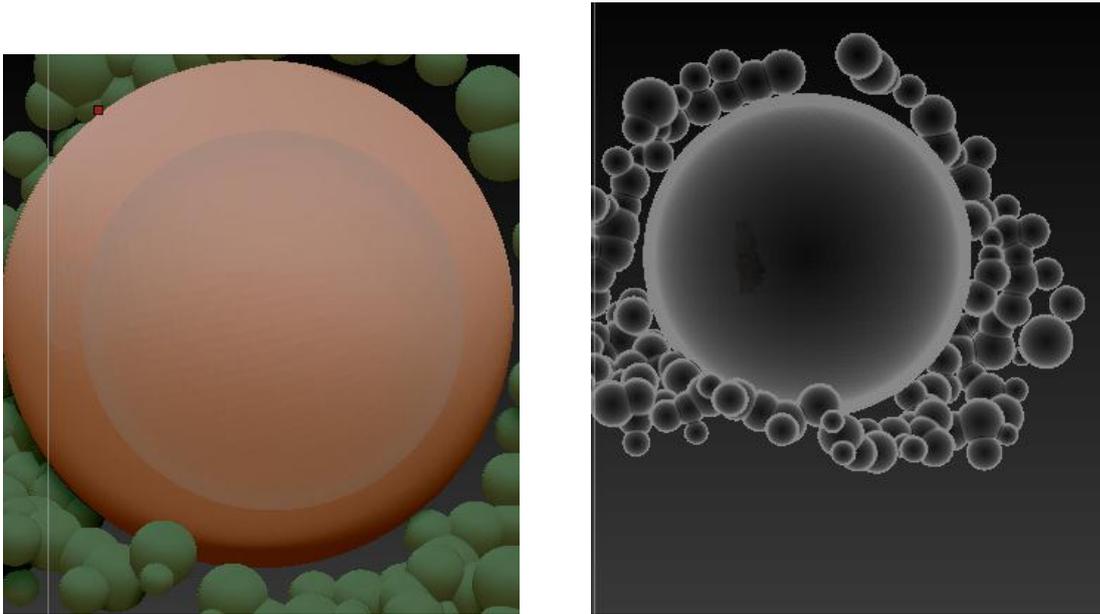


Figure 4.1.23 Modélisation de l'ovocyte

Pour mieux visualiser les chromosomes et le globule polaire on a modélisé une coupe de l'ovocyte. On a répété les mêmes étapes que précédemment mais sur une demi-sphère (figure 4.1.24).



Figure4.1.24 Coupe de l'ovocyte

VII. Modélisation de la fécondation

On sait que ce phénomène se réalisera à travers la fusion du spermatozoïde et l'ovocyte ; Comme on a déjà modélisé les deux, le reste est plutôt facile. Mais il y a un petit problème c'est que ZBrush ne permet pas de charger les deux projets dans la scène en même temps, à cause de cela on a chargé l'ovocyte et refait la modélisation des spermatozoïdes. On a appliqué de petites modifications sur l'ovocyte avec la brosse Rake (taille : 120/Alpha58/Stroke : DragDot). La figure 4.1.25, présente le phénomène de fécondation où on constate qu'un des spermatozoïdes est en train de pénétrer dans l'ovocyte.

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

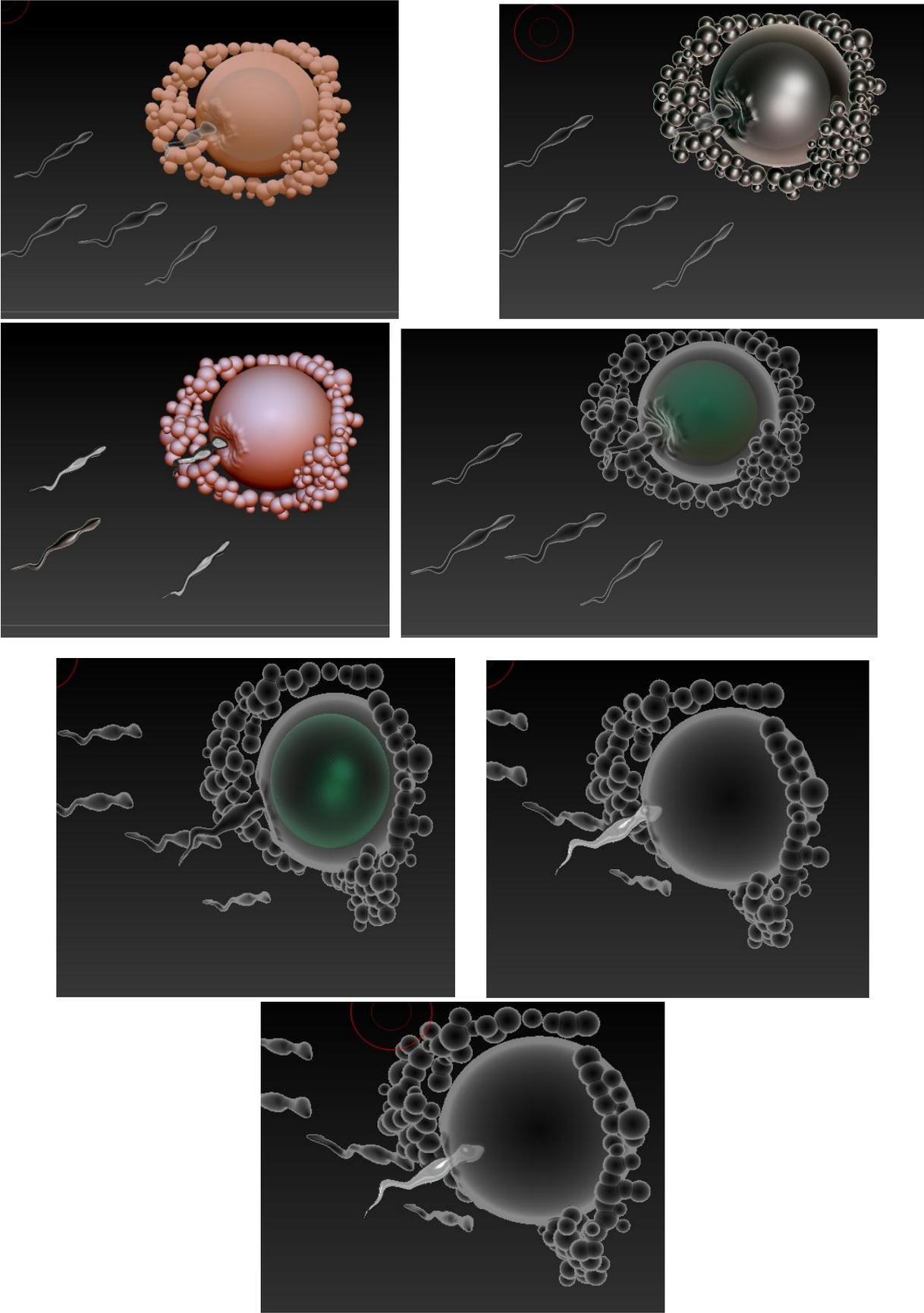




Figure 4.1.25 Modélisation de la fécondation

VIII. La première semaine du développement embryonnaire

Pendant la première semaine du développement embryonnaire (DE), l'œuf fait l'objet de deux ordres de modifications [50] :

- D'une part une migration du tiers externe de la trompe vers la cavité utérine.
- D'autre part, l'œuf pendant cette migration commence sa segmentation.

VIII.1. Segmentation de l'œuf

La segmentation est une suite de division cellulaire, elle se fait en même temps que la migration.

- Les deux premières cellules : blastomères :
Elles sont apparues 24H après la fusion des pronucléus.

Puis chacune va elle-même donner des cellules filles avec un certain asynchronisme.

- **Du 1^{er} au 4^{ème} jour du DE :**

Les divisions successives conduisent à la formation d'un œuf de 8, 16, 32 puis 64 cellules dont la taille diminue de plus en plus.

- 4 blastomères : 2^{ème} jour du DE, 16^{ème} jour du cycle.
- 8 blastomères : 3^{ème} jour du DE, 17^{ème} jour du cycle.
- 64 blastomères : 4^{ème} jour du DE, 18^{ème} jour du cycle.

L'œuf prend la forme d'une sphère de 200µm de diamètre.

Les cellules centrales sont sphériques, celles situées en périphérie s'aplatissent : c'est le stade morula.

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

- **Du 4^{ème} au 5^{ème} jour :**

Les cellules périphériques forment le trophoblaste.

Les cellules centrales forment le bouton embryonnaire.

Le passage de liquide entraîne une séparation des groupes cellulaires et formation d'une cavité.

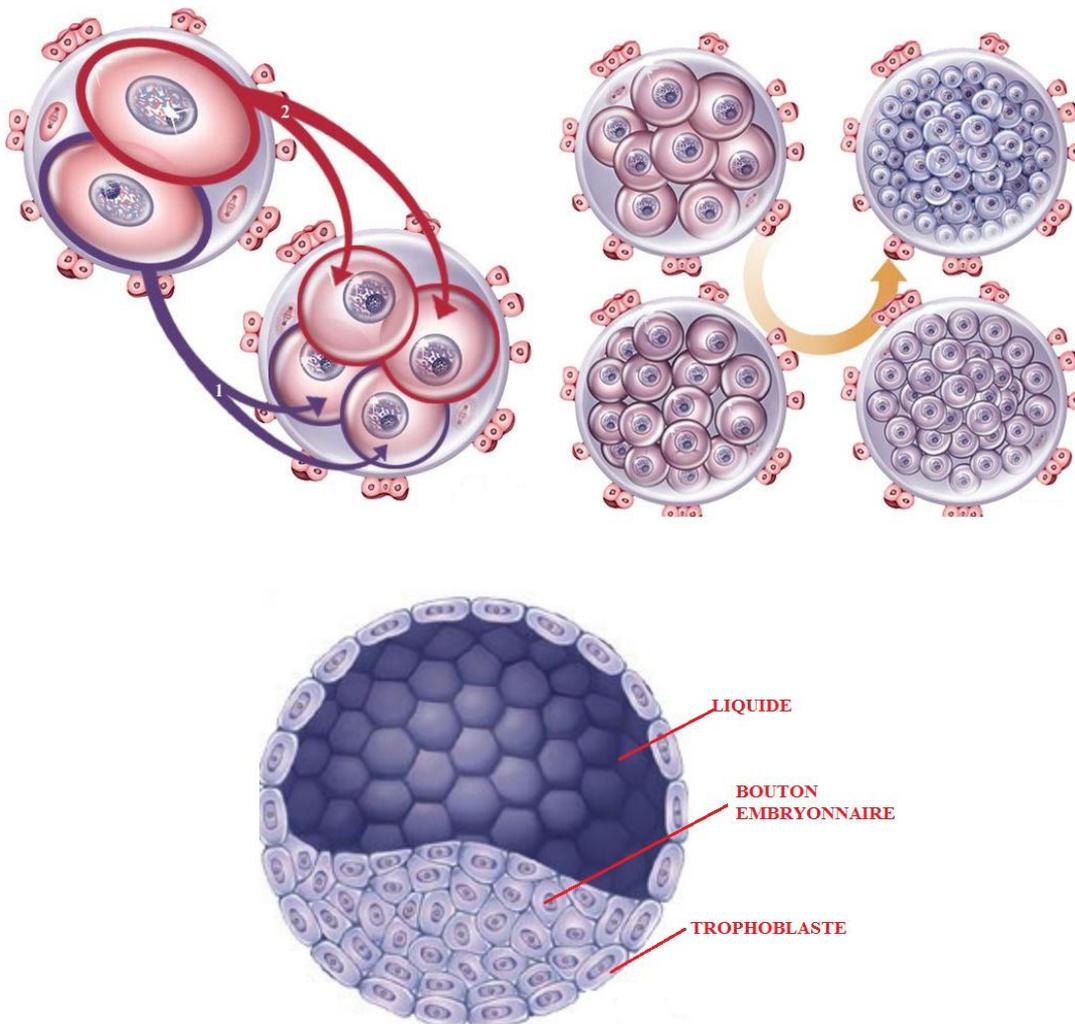
On assiste également à la destruction de la zone pellucide.

- **Le 6^{ème} jour du DE :**

L'œuf débarrassé de la zone pellucide devient blastocyste limité par le trophoblaste en périphérie, à un de ces pôles on retrouve le bouton embryonnaire, à l'autre pôle la cavité ou blastocèle (liquide).

À la fin de la première semaine, le blastocyste se libère de la zone pellucide pour se préparer à la nidation.

La figure 4.1.26, montre les différents stades de ce développement.



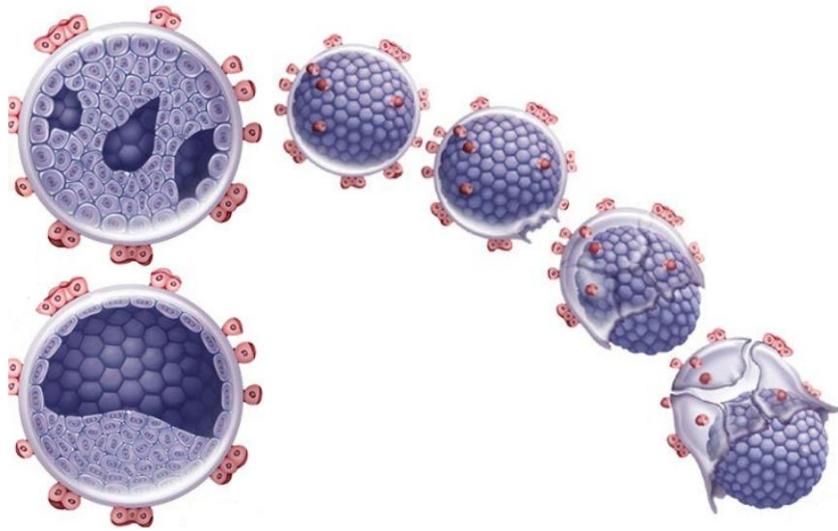


Figure 4.1.26 Premières semaines du développement embryonnaire

VIII.2. LA Migration

Elle intervient de façon progressive du fait des contractions des cellules musculaires lisses de la paroi tubaire.

Elle est facilitée par la sécrétion des cellules de la muqueuse et par les mouvements des cils en surface, (les **cils cellulaires** sont des extensions cytoplasmiques, qui se trouvent le long de la trompe de Fallope) (figure 4.1.27.a).

Le chemin suivi lors de la migration est (figure 4.1. 27.b) :

- Fécondation + stade 2 blastomères : ampoule. (la 2^{ème} partie de la trompe de Fallope après le pavillon).
- Stade 4,8 blastomères : 3eme jour : Isthme (la 3^{ème} partie).
- Stade morula : 4eme jour ; segment interstitiel (la 4^{ème} partie).
- 5^{ème}, 6^{ème} jour : blastocyste libre dans la cavité utérine.
- 7^{ème} jour : le blastocyste s'accôle à l'endomètre par son pôle embryonnaire.

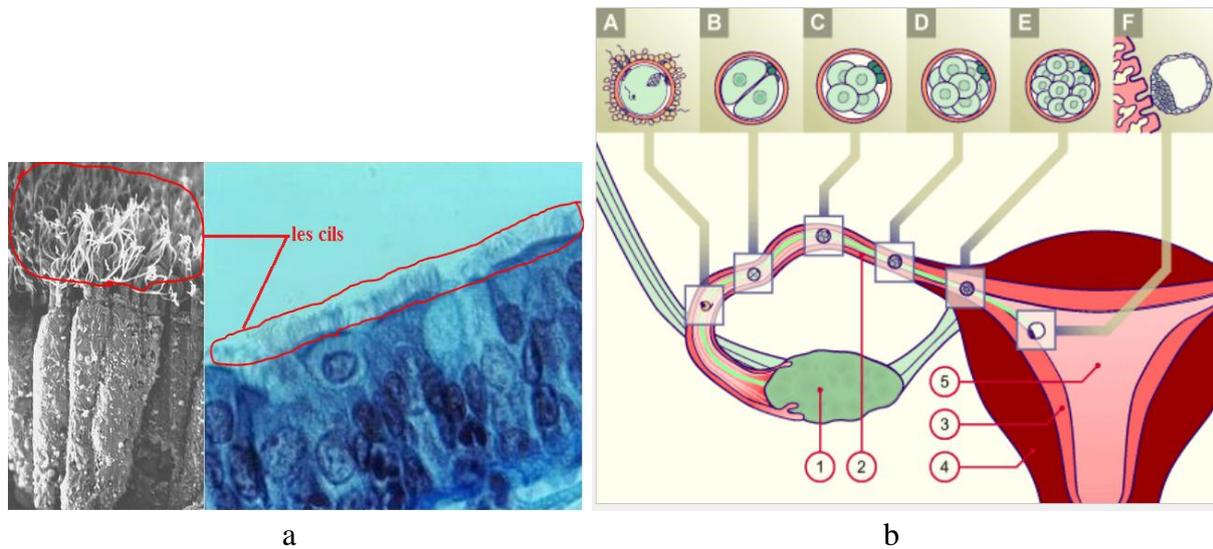


Figure 4.27. La migration (a. les cils/ b. Le chemin suivi lors de de migration)

IX. Modélisation de la première semaine de DE

• La segmentation

On doit modéliser la cellule de deux noyaux que nous avons obtenu après la fécondation et le globule polaire puis la couche qui englobe le tout.

On commence tout d'abord par la sélection de la sphère qu'on a déjà créé, depuis la palette SubTool on la duplique : une sera destinée à la cellule et l'autre pour la coque externe.

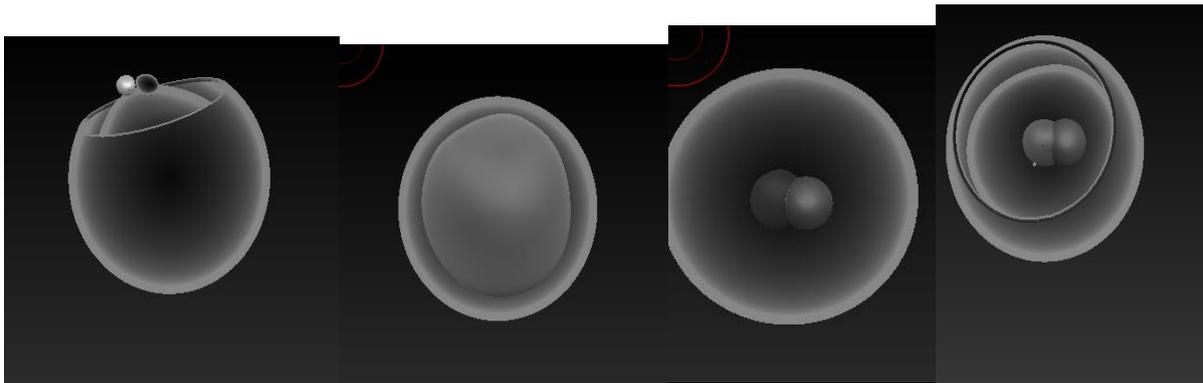
On clique 3 fois sur Append pour ajouter 3 sphères (2 pour les noyaux et une autre pour le globule polaire). On passe maintenant à la palette Deformation, pour régler la taille de ces différentes sphères, on les sculpte à l'aide des brosses Move et Smooth pour réaliser la bonne forme. Pour terminer il faut les positionner avec la ligne TransPose.

Les mêmes étapes seront répétées pour réaliser les autres stades de division, mais il faut faire attention à deux choses :

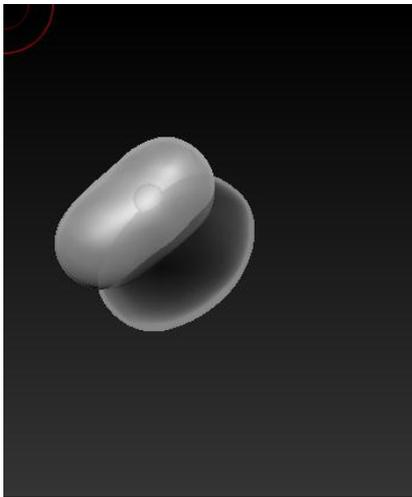
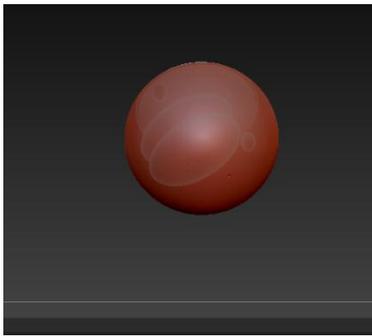
- la taille des cellules, doit être inégale et de plus en plus petite au fur et à mesure qu'elles se divisent.
- la forme des cellules devient presque comme celle d'une framboise à partir de la 8^{ème} division ; pour cela il faut les coller et les déformer par la brosse Move.

On met la couche externe en transparence et les cellules en gris simuler le cas réel (figure 4.1.28).

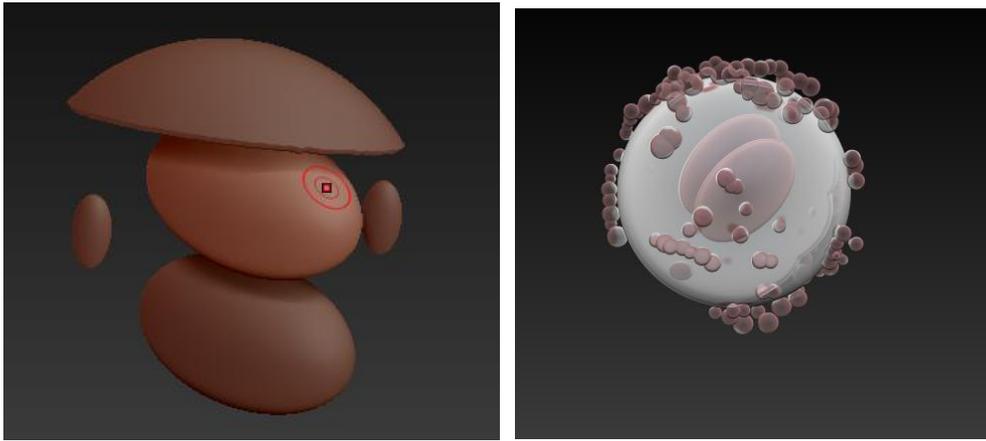
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



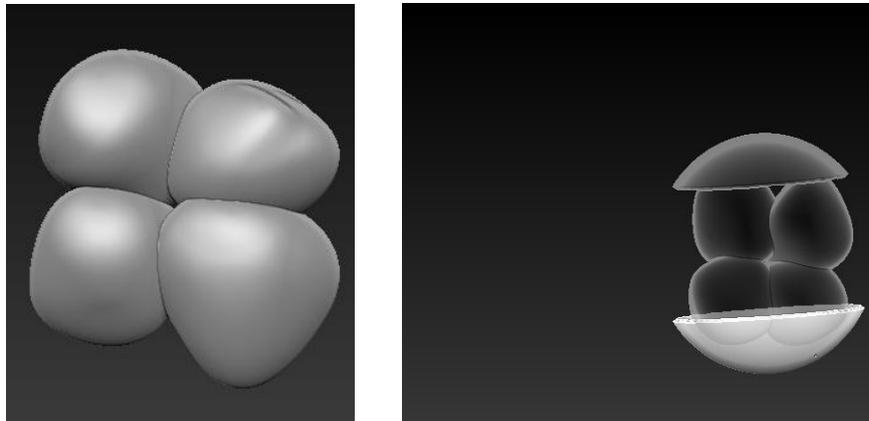
a. Une cellule avec 2 noyaux



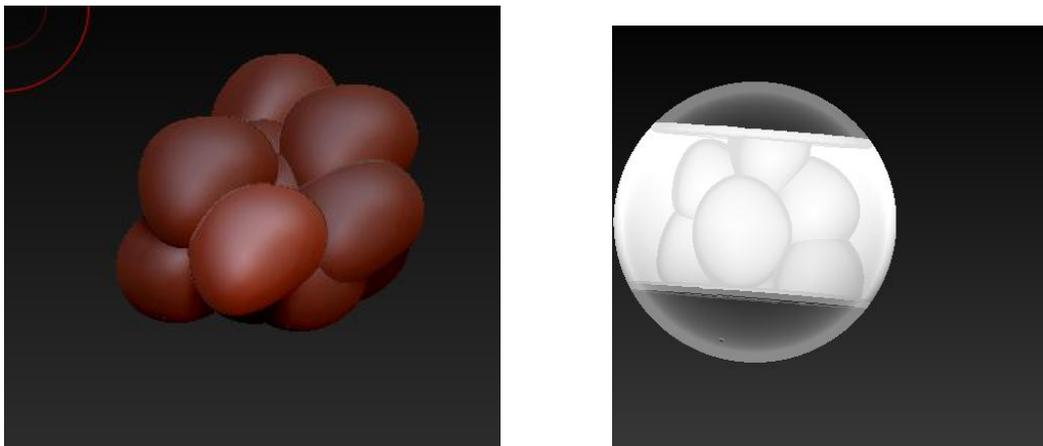
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



b. Deux cellules

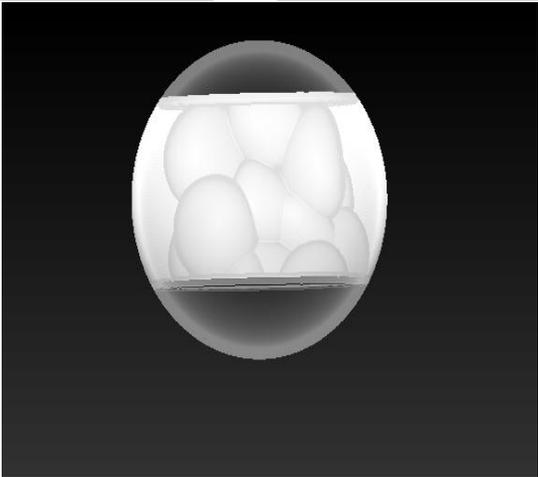
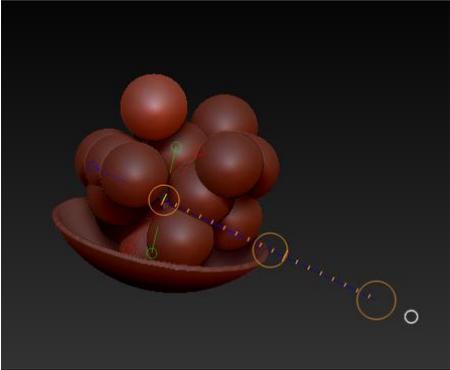


c. Quatre cellules

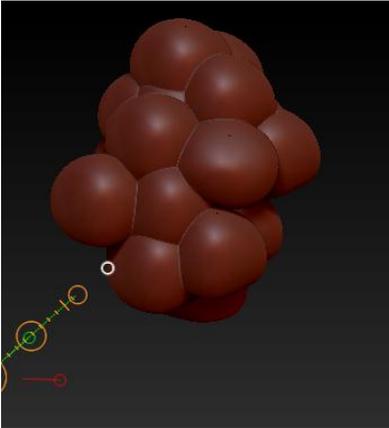


d. Huit cellules

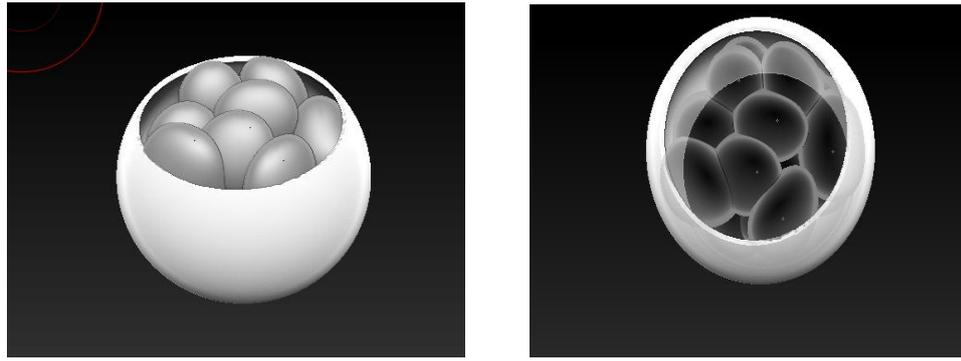
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



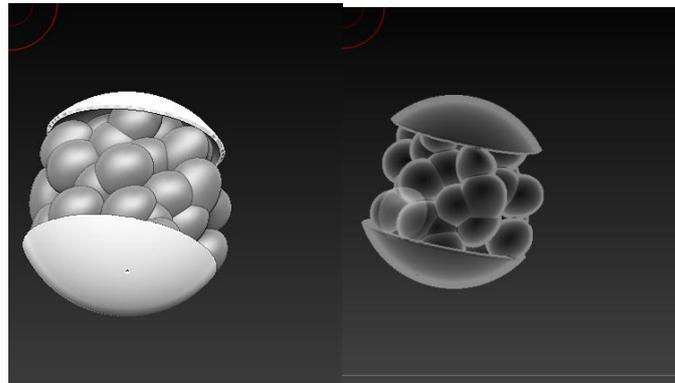
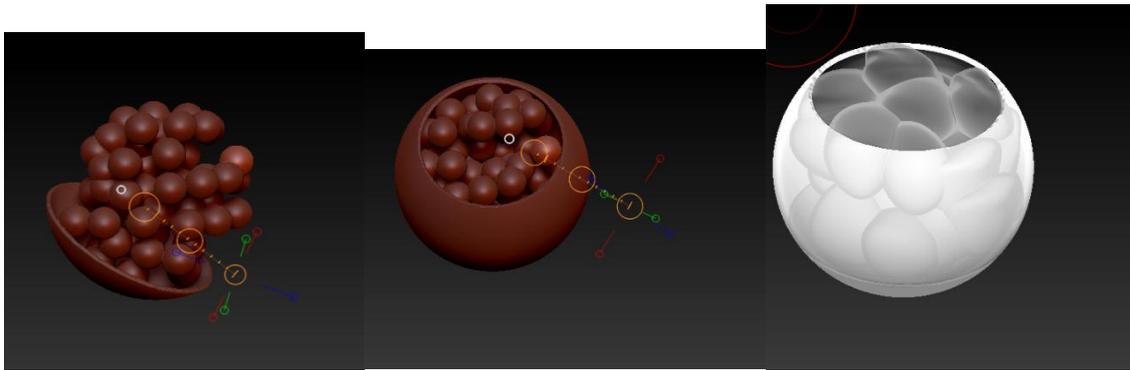
e. 16 cellules



Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



f. 32 cellules



g. 64cellules

Figure 4.1.28 La segmentation cellulaire

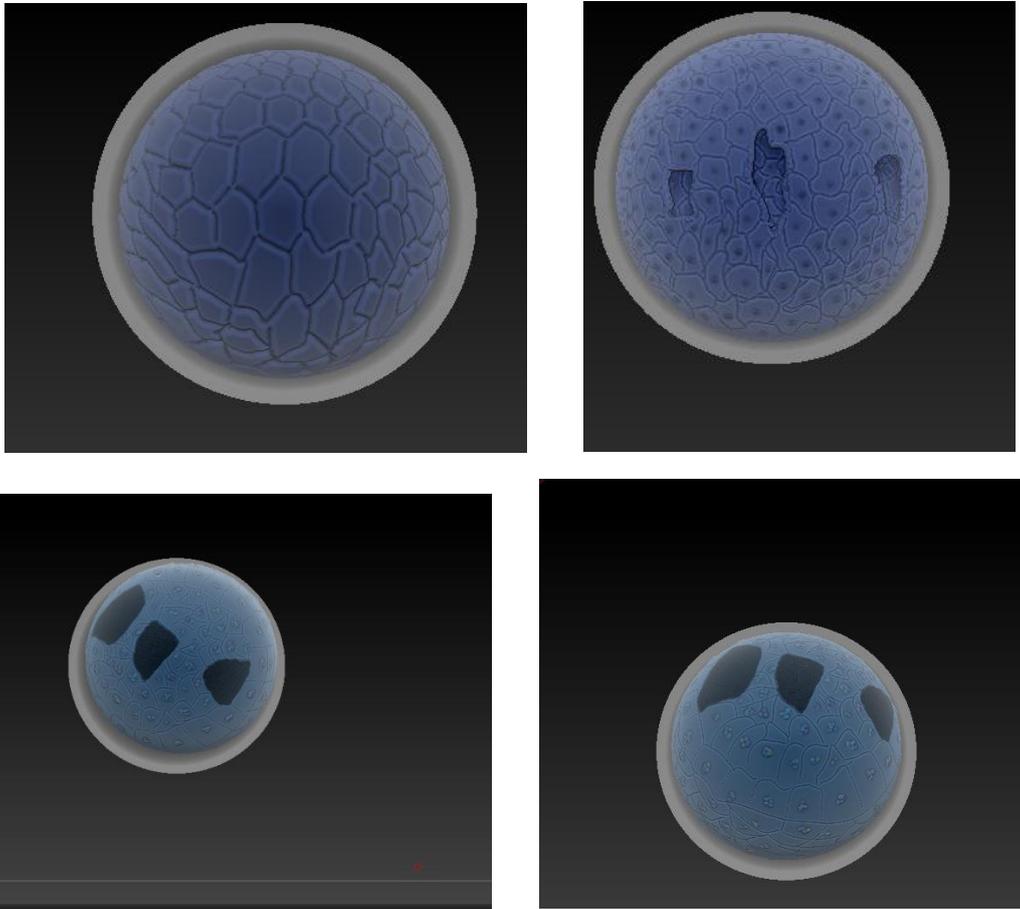
En ce qui concerne la libération de blastocyste, on commence par :

Créer une sphère et appliquer les mêmes étapes, puis la vider et déformer à l'aide des brosses : Move (taille : 300) ; SnakeHook (taille : 150) ; Rake (taille : 50) et la brosse Smooth, sans oublier de changer la matière (on choisit : Sketchshaded de type blanc) pour mieux représenter la couche externe

À travers Append de la palette SubTool, on choisit une sphère ensuite on clique sur ctrl + d (augmenter le maillage) et avec la brosse Dam_Standard (taille : 17/intensité : 33/activer l'icône de Zsub), on sculpte la forme de cellule. Pour le noyau on active le Zadd, RGB et

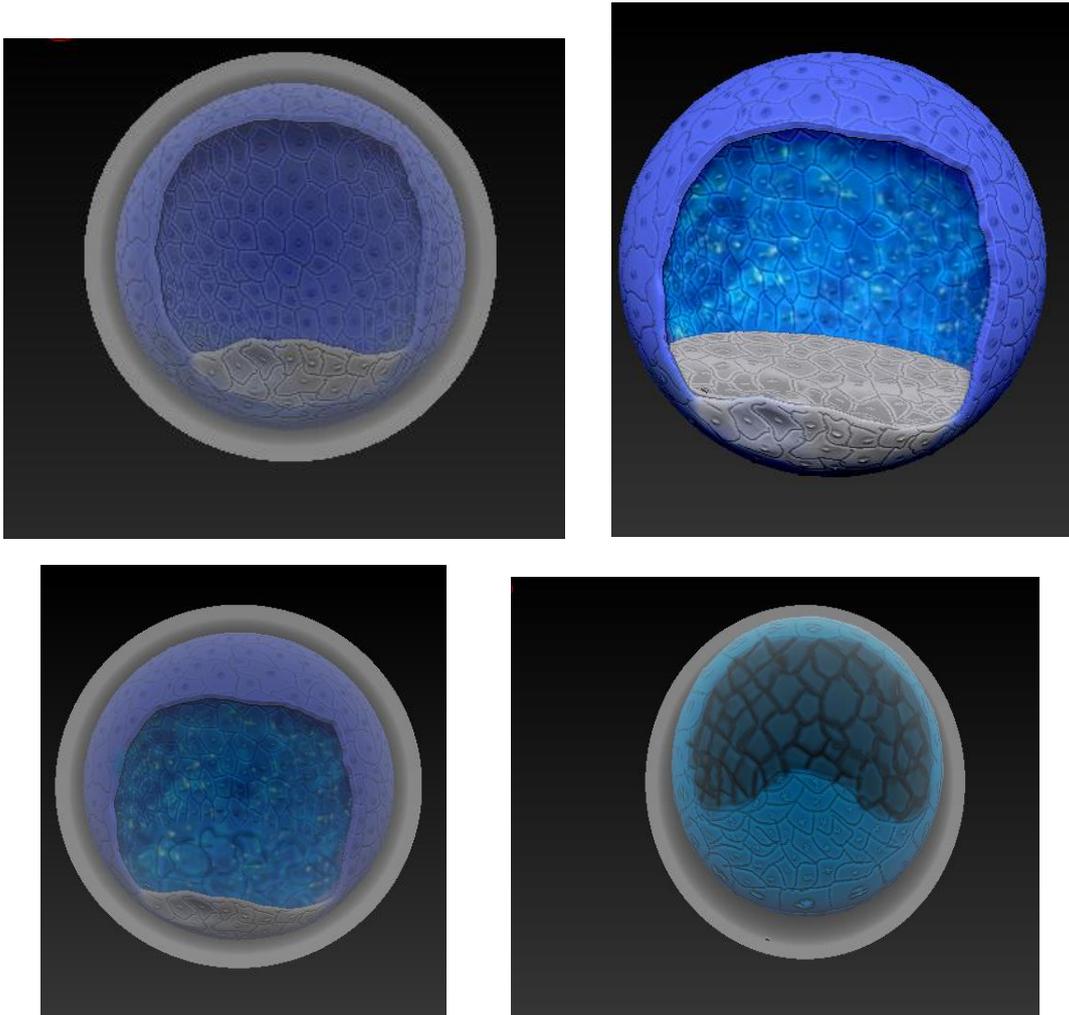
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

Colorize à partir la palette Polypaint pour ajouter la forme et la couleur ; on active la transparence (l'icône à droite en bas de la scène : Activate Edit Opacity) (figure 4.1.29).

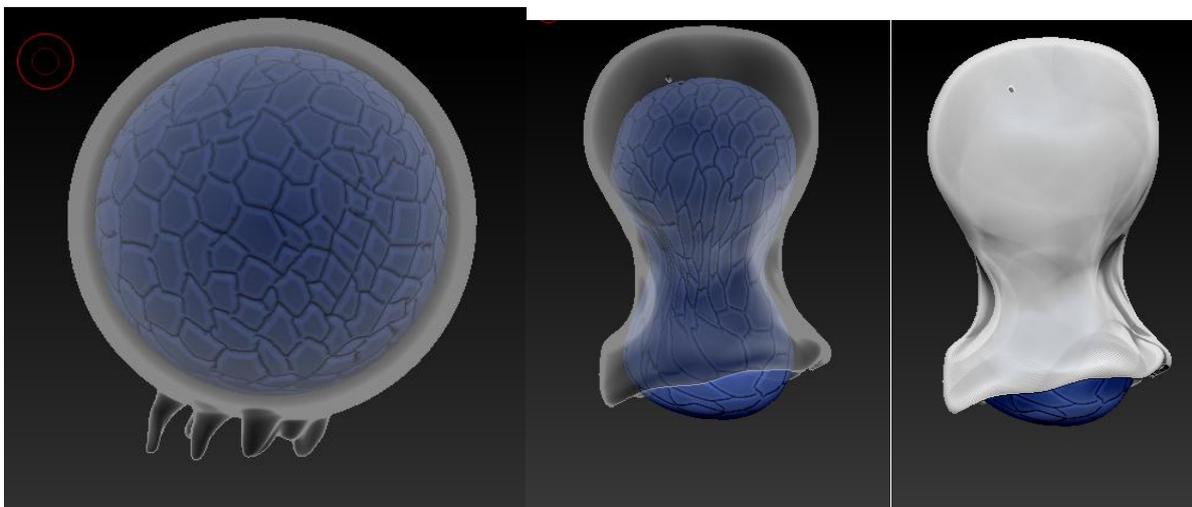


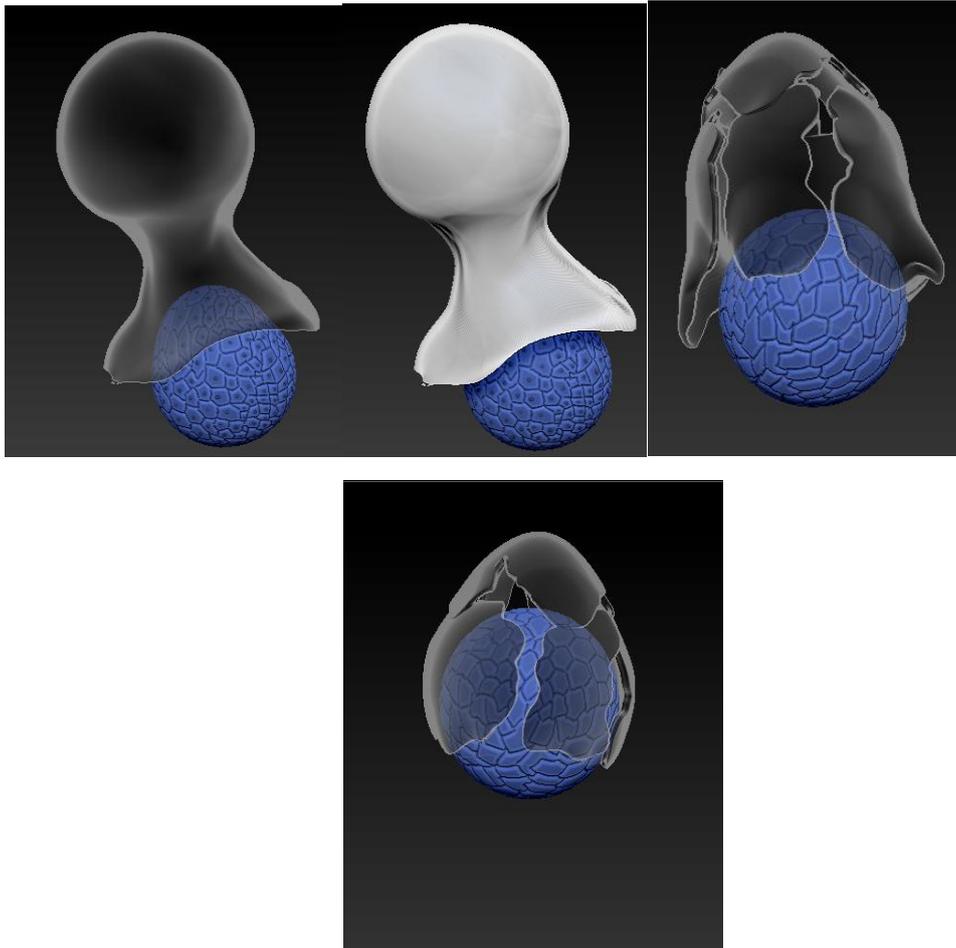
a. Le passage de liquide entraîne une séparation des groupes cellulaires et formation d'une cavité.

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



b. Les cellules périphériques forment le trophoblaste et celles au centre forment le bouton embryonnaire.





c. la destruction de la zone pellucide et début de la libération de blastocyste

Figure 4.1.29 La formation et la libération de blastocyste

- **La migration**

Le plan qui a été suivi pour la modélisation de ce phénomène est le suivant :

On doit créer une coupe de l'utérus, Il suffit de suivre les étapes précédentes. Pour les différents stades de division cellulaire, on a créé et vidé une sphère de la palette SubTool puis on l'a coupé (on a travaillé dans une demi sphère) ; c'est la couche externe qui englobe les cellules.

En ce qui concerne les cellules on a choisi de la fenêtre des brosses InsertSphere 2 fois et on a réglé : la couleur, la matière et la forme par la brosse Move. C'est la première division qui nous donne 2 cellules, puis on les a placés dans la partie ampoule de la trompe de Fallope. Pour les autres divisions on a dupliqué la demi-sphère et on a inséré des sphères selon le nombre de cellules.

Mais une fois la division cellulaire terminée et que la libération de blastocyste commence, on travaillé avec la sphère complète pour la couche externe et une seule sphère pour les cellules et sur cette dernière on a sculpté la forme des cellules, à l'aide des brosses : Move,

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

Dam-Standar, Smooth et à avec la ligne TransPose on les a placé dans la cavité utérin (figure 4.1.30).

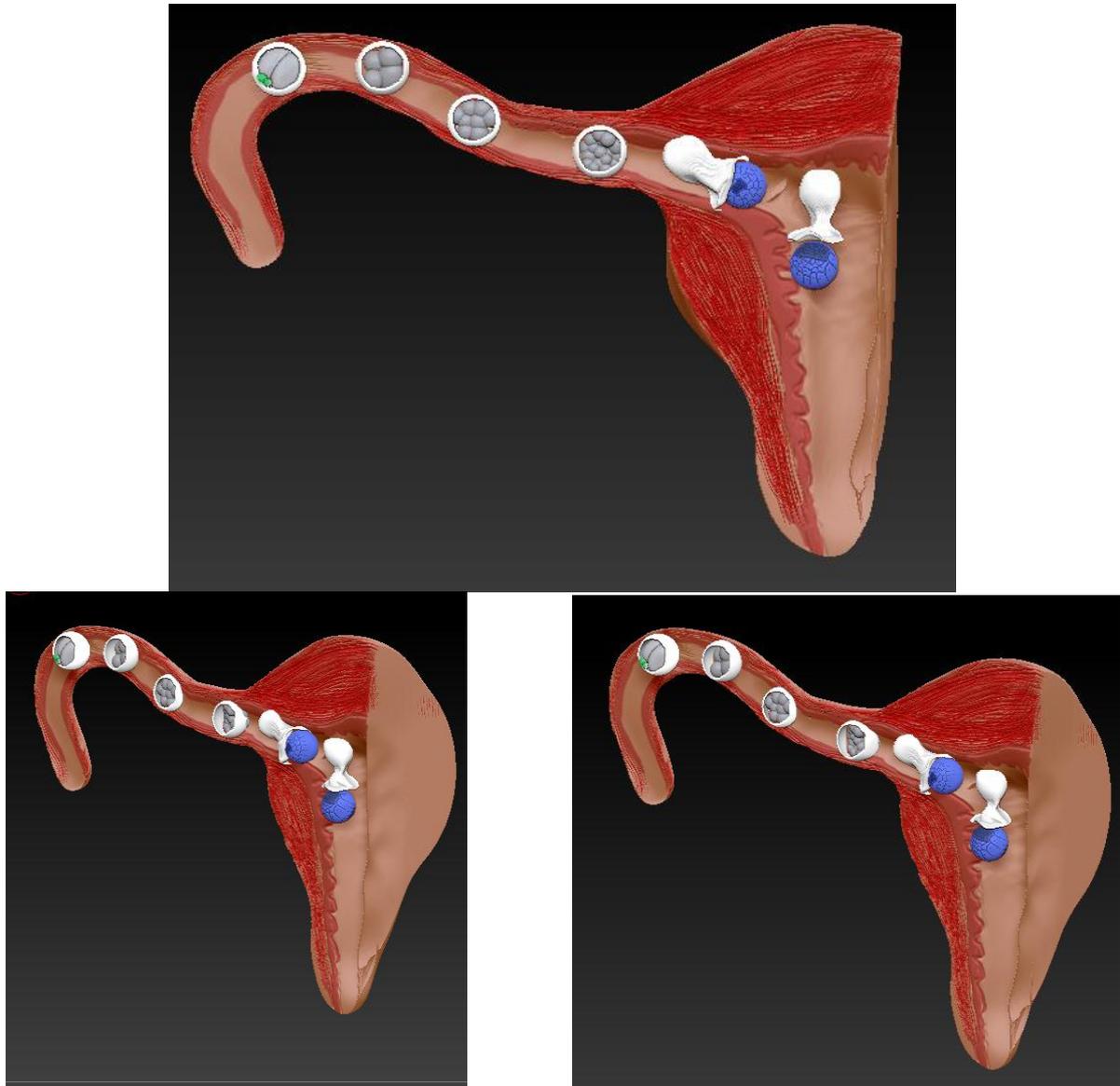


Figure 4.1.30 La migration

X. La deuxième semaine du développement embryonnaire

Les principaux événements caractérisant la 2^{ème} semaine du développement embryonnaire sont :

- La nidation : implantation du blastocyste dans la muqueuse utérine.
- La prégastrulation : mise en place du disque embryonnaire didermique.

X.1. Implantation (nidation)

Elle se fait au niveau du corps utérin.

Elle comporte deux grandes étapes :

- La fixation du blastocyste à l'endomètre.
- L'invasion de l'endomètre.

X.1.1. La fixation à l'endomètre

Elle se produit au 7^{ème} jour du DE.

Le blastocyste libéré de sa zone pellucide entre en contact, par son pôle embryonnaire avec l'endomètre.

Il s'accôle à l'endomètre par les cellules du trophoblaste (figure 4.1.31).

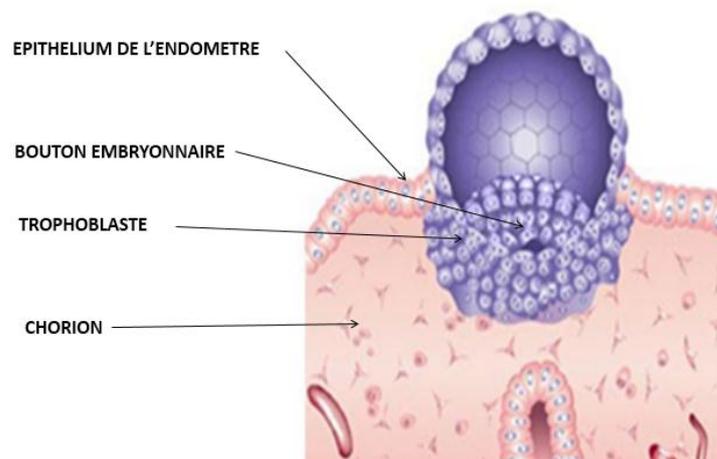


Figure 4.1.31 la fixation à l'endomètre

X.1.2. L'invasion de l'endomètre :

- Du 7^{ème} au 8^{ème} jour :

Les cellules du trophoblaste profilèrent au point de fixation et donnent un amas cellulaire syncytial : le syncytiotrophoblaste (figure 4.1.32).

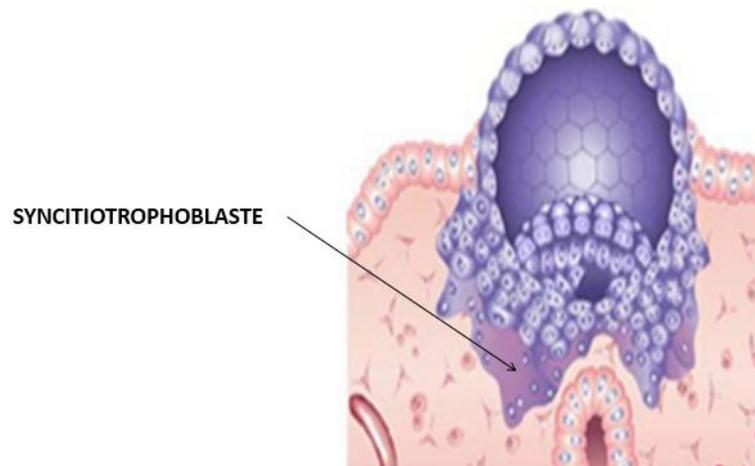


Figure 4.1.32 L'invasion de l'endomètre du 7^{ème} au 8^{ème} jour

Le reste du trophoblaste est constitué de cellules bien individualisées : le cytotrophoblaste.

Au fur et à mesure de la progression dans l'endomètre, le syncytiotrophoblaste s'étend à la surface de l'œuf et va entourer complètement le cytotrophoblaste (figure 4.1.33).

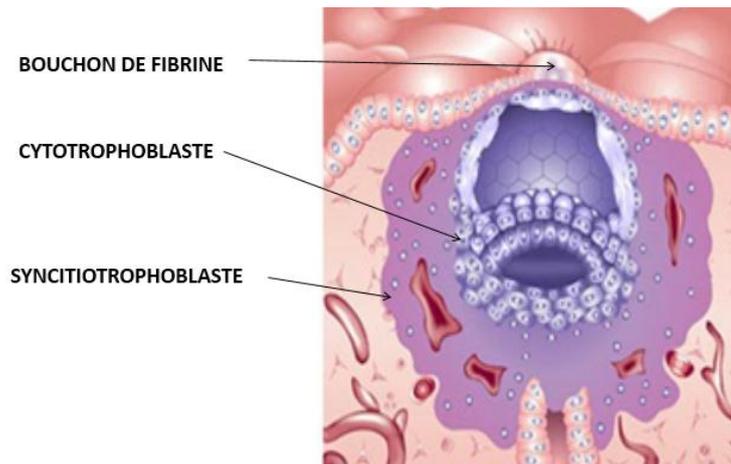


Figure 4.1.33 L'invasion de l'endomètre fin du 9^{ème} jour

– Du 9^{ème} au 12^{ème} jour :

A la fin du 9^{ème} jour, tout l'œuf a pénétré dans l'endomètre.

La brèche utérine secondaire à sa pénétration est obturée par un bouchon de fibrine.

Durant la progression du syncytiotrophoblaste dans le chorion de l'endomètre, il érode les vaisseaux maternels (figure 4.1.34).



Figure 4.1.34 L'invasion de l'endomètre 11^{ème} au 12^{ème} jour

- Au 13^{ème} jour :
Le syncytiotrophoblaste continue à envahir l'endomètre.

Le syncytiotrophoblaste et le cytotrophoblaste seront ensuite remaniés pour former le placenta (figure 4.1.35).

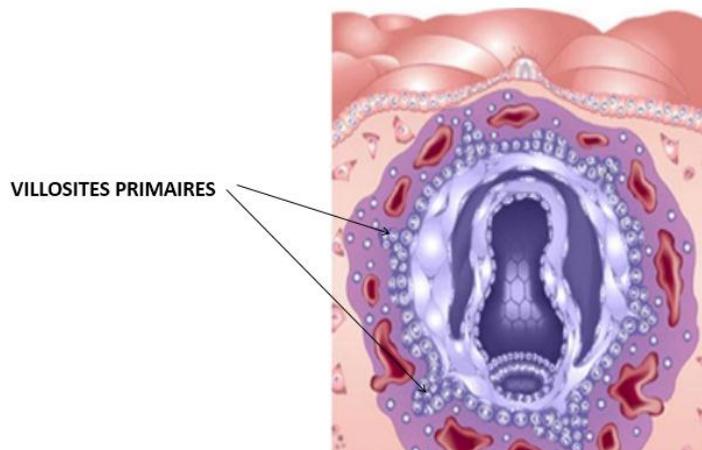


Figure 4.1.35 L'invasion de l'endomètre 13^{ème} jour

X.2. Modifications de l'œuf pendant la nidation

En même temps qu'intervient la nidation, le reste du blastocyste, en dedans du cytotrophoblaste, va se modifier au cours de la 2^{ème} semaine :

- Transformation du bouton embryonnaire en disque embryonnaire didermique (qui sera à l'origine de toutes les cellules du corps humain).
- Formation de la cavité amniotique.
- Formation du mésenchyme extra-embryonnaire et du lécithocèle primaire.
- Evolution du mésenchyme extra-embryonnaire et constitution du lécithocèle secondaire.

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

X.2.1. Formation du disque embryonnaire didermique (prégastrulation)

Du 7^{ème} au 9^{ème} jour, les cellules superficielles du bouton embryonnaire, au contact du blastocèle s'aplatissent et forment le 1^{er} feuillet embryonnaire : l'hypoblaste.

Les cellules profondes du bouton embryonnaire deviennent plus hautes et cylindriques pour former l'épiblaste (figure 4.1.36).

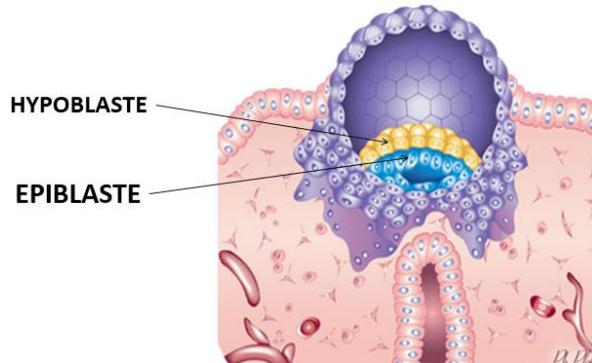


Figure 4.1.36 Transformation du bouton embryonnaire en disque embryonnaire didermique

X.2.2. Formation de la cavité amniotique

Le centre du bouton embryonnaire se creuse d'une cavité : la cavité amniotique.

A la périphérie de l'épiblaste, naissent des cellules aplaties = les amnioblastes qui migrent pour former le toit de la cavité amniotique.

Au 10^{ème} jour la cavité amniotique est en place (figure 4.1.37).

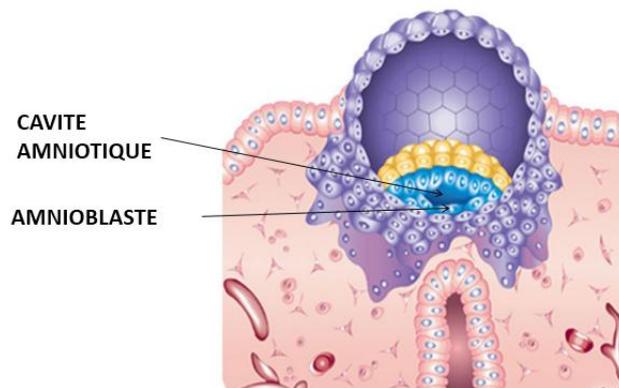


Figure 4.1.37 Formation de la cavité amniotique

X.2.3. Formation du mésenchyme extra-embryonnaire et lécithocèle primaire :

Au 9^{ème} jour, la surface interne du trophoblaste donne naissance, en périphérie du blastocèle à des cellules mésenchymateuses étoilées dont les plus internes s'aplatissent et constituent une couche continue attachée à chaque extrémité de l'hypoblaste : la membrane de

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

Heuser qui isole au sein du blastocèle une cavité : le lécithocèle primaire, entouré de cellules mésenchymateuses qui constituent le mésenchyme extra-embryonnaire (figure 4.1.38).

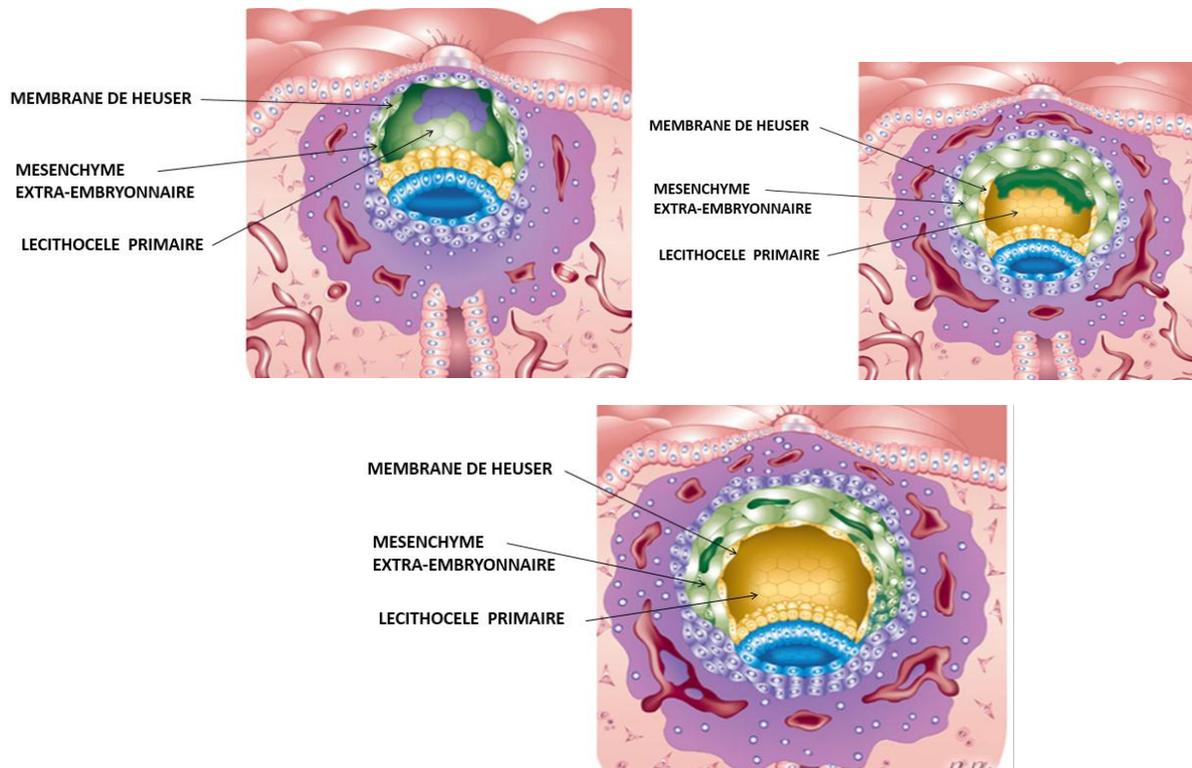
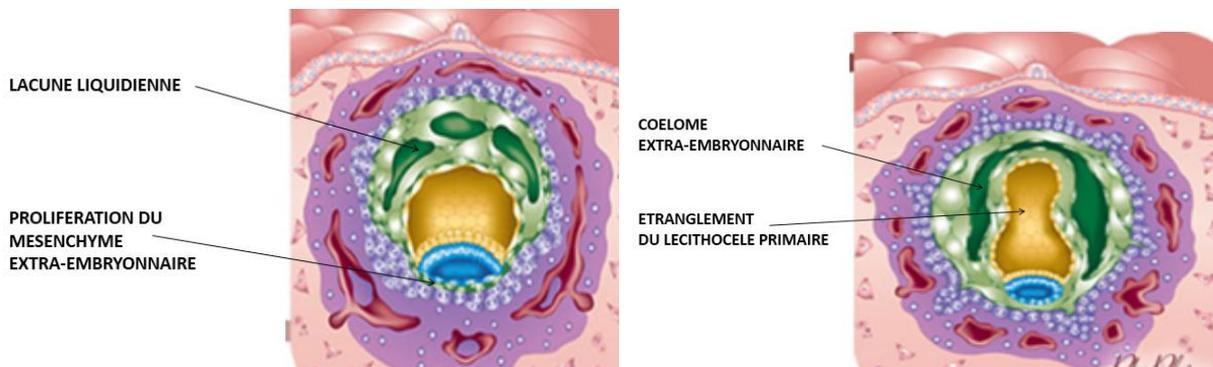


Figure 4.1.38 Formation du mésenchyme extra-embryonnaire et du lécithocèle primaire

X.2.4. Evolution du mésenchyme extra-embryonnaire et constitution du lécithocèle secondaire :

Du 10^{ème} au 14^{ème} jour, le mésenchyme extra-embryonnaire continue à proliférer et gagne l'espace compris entre la cavité amniotique et le cytotrophoblaste.

En même temps il se creuse de lacunes rapidement confluentes pour donner une cavité unique : le cœlome extra-embryonnaire, entièrement entouré par le mésenchyme extra-embryonnaire (figure 4.1.39).



Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

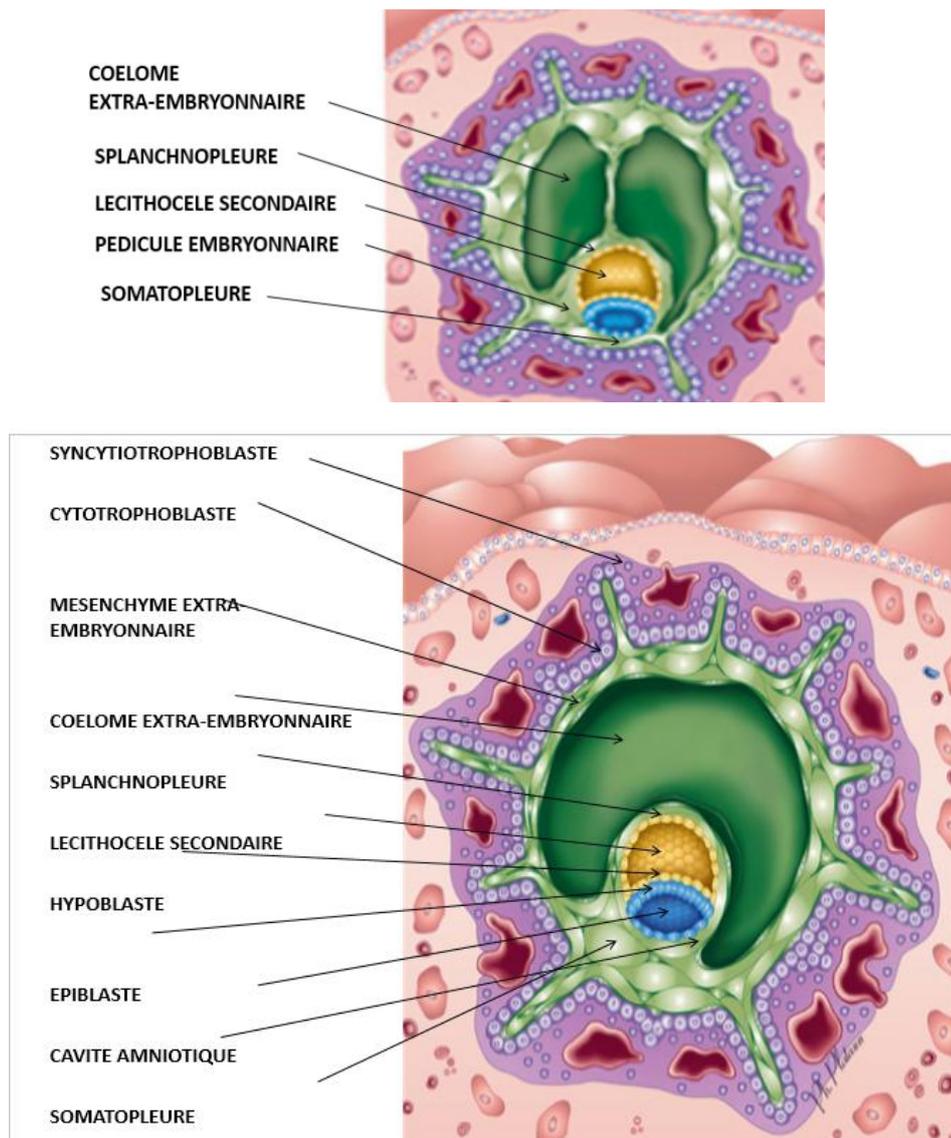


Figure 4.1.39 Evolution du mésenchyme extra-embryonnaire et constitution du lécithocèle secondaire.

X.3. L'œuf à la fin de la 2^{ème} semaine

On est passé du stade de blastocyste libre au stade d'œuf implanté.

Sa structure est complexe avec :

- a) La sphère chorale = chorion comportant :
 - Le syncytiotrophoblaste externe.
 - Le cytotrophoblaste médian.
 - Le mésenchyme extra-embryonnaire qui tapisse la face interne du cytotrophoblaste.

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

- b) La cavité amniotique et le lécithocèle secondaire : ce sont deux demi-sphères creuses accolées entourées en dehors de mésenchyme extra-embryonnaire, séparées de la sphère chorale par le cœlome extra-embryonnaire.

Leur zone d'accolement forme le disque embryonnaire qui sera à l'origine de l'embryon, constitué à ce stade par deux feuillets :

- L'épiblaste planché de la cavité amniotique.
- L'hypoblaste plafond du lécithocèle secondaire.

- c) Le pédicule embryonnaire : qui relie par l'intermédiaire d'un massif de mésenchyme extra-embryonnaire, l'ensemble des éléments contenus dans la sphère chorale à cette dernière.

XI. Modélisation de la deuxième semaine de DE

- **l'invasion de l'endomètre du 7^{ème} au 8^{ème} jour**

On a créé une sphère (passé au mode Edit, converti en PloyMesh 3d, ajouté le maillage), puis on a coupé la sphère avec la brosse TrimRect. En fait, dans ZBrush, il n'y a pas que les brushes qui permettent de sculpter les formes, le logiciel possède beaucoup d'outils très différents comme les curves permettant de couper votre PolyMesh qu'on appelle ClipCurves (raccourci, Ctrl + Shift). Par défaut, cela utilisera le rectangle classique de sélection. Pendant que vous appuyez sur Ctrl + Shift cliquez dans la Pick List des brushes (la fenêtre des brosses) et au lieu du SelectRect choisissez la TrimRect. Les curves agiront comme un couteau qui donnera l'impression de découper votre sculpture.

À l'aide de la brosse Move, on a modifié la forme de demi sphère en un rectangle qui va représenter une partie de l'endomètre ; Avec la brosse Dam_Standard (de taille : 21/ intensité : 33/Zsub : turn on /RGB : turn off), on a sculpté les cellules de l'épithélium de l'endomètre, ensuite avec la même brosse (taille :5), on a activé : Zadd, colorize puis RGB et on a choisi Alpha de type 01(figure 4.1.40.a), pour ajouter les noyaux de ces cellules et celles qui se trouvent dans l'endomètre.

Pour les vaisseaux sanguin on a utilisé la brosse Clay (Zadd et Zsub : turn off, « Nous n'avons donc pas sculpté », Stroke : DragDot, Alpha de type 22 (figure4.1.40.b)). Ceci est valable pour les petits vaisseaux. En ce qui concerne les lacunes de sang maternel, on a utilisé la brosse Dam_Standard (de taille : 15/ intensité : 33/Zsub : turn on /RGB : turn off/ Stroke : FreeHand).

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



Figure 4.1.40 Les types de Alpha

Pour la partie syncytiotrophoblaste, on a masqué le centre de l'endomètre puis on l'extrait à partir la palette SubTool, mais avant cela on a activé la visibilité de la partie d'endomètre qu'on a réalisé, par le biais de la liste de SubTool ; ensuite on a changé la matière (SketchShaded) et la couleur (bleu) et on a ajouté les cellules.

À travers Append de palette SubTool, on a ajouté et vidé une sphère (puis cliqué sur ctrl+d « pour ajouter le maillage ») qui va représenter le blastocyste ; avec la ligne de TransPose, on l'a placé dans la moitié supérieure de l'endomètre au-dessus du syncytiotrophoblaste. Pour les autres détails tels que les cellules, noyaux, la matière et la couleur on suivi la même méthode.

- **Transformation du bouton embryonnaire en disque embryonnaire didermique et formation de la cavité amniotique**

Pour cette modélisation on a créé une sphère ; de la palette Deformation, on a réduit sa taille puis on l'a coupé en 3partie. On a supprimé une de ces parties.

On a appliqué une matière de type SketchShaded et une couleur jaune sur l'une de ces parties ; ensuite on a sculpté sa forme par la brosse Move et ajouté les cellules et leur noyaux par Dam-Standard (mêmes paramètres comme mentionné avant) ; La forme obtenue est l'hypoblaste. Pour modéliser la deuxième partie qui représente l'épiblaste, on l'a vidé (l'intérieure de cette partie sera remplacé par la cavité amniotique), et par la brosse Move on a modifié un petit peu sa forme sans oublier les cellules et leur noyaux.

- **L'invasion de l'endomètre fin du 9^{ème} jour**

Il n'y a pas beaucoup de modifications, on a donc chargé le projet précédent, on a activé la visibilité de la sphère bleu (le blastocyste) et on a repositionné à l'intérieure d'endomètre par la ligne TransPose (les autres parties qui sont à l'intérieure de cette sphère, ont été déplacé automatiquement, mais faites attention de ne pas activer leur visibilité). Enfin on renomme le nouveau projet.

- **l'invasion de l'endomètre 11^{ème} au 12^{ème} jour et formation du mésenchyme extra-embryonnaire et du lécithocèle primaire**

On charge le projet du développement durant la fin du 9^{ème} jour en respectant les étapes suivantes :

- Créer, vider et couper une sphère
- diminuer sa taille et la placer à l'intérieure de la grande sphère bleu

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

- Zsub /Zadd turnoff et RGB turnon, appliquer une couleur verte sur cette demi sphère
 - la déformer un petit peu par la brosse Move : on obtient la membrane Heuser et sur cette dernière on ajoute des cellules de tailles différentes c'est le mésenchyme extra-embryonnaire.
 - activer la visibilité de la partie Syncytiotrophoblaste (situé dans la liste de palette SubTool), dilater sa surface à l'aide des brosses Move (taille : 150) et SnakeHook (taille : 300)
 - par la brosse Dam-Standard (taille : 50/Zsub : turn on/RGB : turn on), augmenter le nombre et le volume des vaisseaux sanguins.
 - les cellules de Huypoblaste commencent à se diviser (taille augmente), pour former Lécithocèle primaire et pour cela on a modifié la forme et la taille de la sphère jaune qui représente l'Huypoblaste avec la brosse Move et la palette Deformation
- **l'invasion de l'endomètre 13^{ème} jour et l'évolution du mésenchyme extra-embryonnaire et constitution du lécithocèle secondaire / l'œuf à la fin de la 2^{ème} semaine**

La forme générale qu'on a réalisé ici est une grande sphère vide de couleur bleu ses extrémités sont dilatées à l'aide de la brosse SnakeHook (représente les villosités primaires) à l'intérieure il y a une sphère vide en vert puis dans cette dernière on a 2 demis sphère vides l'une en jaune (Lécithocèle primaire) et l'autre en bleu claire (c'est la cavité amniotique qui est entourée par l'Amnioblaste).

On a augmenté :

- * la taille et le nombre des vaisseaux sanguin
- *la surface de Syncytiotrophoblaste
- *le volume de sphère bleu claire et aussi la sphère verte

On a créé des creux dans la sphère verte avec la brosse Inflate (Zsub turn on) qui représente les lacunes liquidiennes.

Au cours de ce développement la Lécithocèle primaire après certaines modifications devient Etranglement du Lécithocèle primaire puis à la fin on obtient la Lécithocèle secondaire et pour réaliser cela on a utilisé :

*les brosses Move (taille : 200 puis 50) et Smooth

*la palette Deformation (size /squeeze/sskew/sFlatten pour régler la taille et la forme de sphère)

On remarque aussi pendant ce développement une transformation des lacunes liquidiennes au Coelome extra-embryonnaire, et pour modéliser cette nouvelle forme on a utilisé les brosses Move (taille : 100) et Inflate (taille : 300/Zsub : turn on)

On a ajouté un ensemble des cellules de taille et forme différentes autour de Lecithocele secondaire :

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

- ❖ une couche cellulaires englobe la partie supérieure ce sont les **Splanchnopleure**
- ❖ en bas ce sont les **Somatopleure**
- ❖ aux extrémités ce sont les **Pedicule embryonnaire**

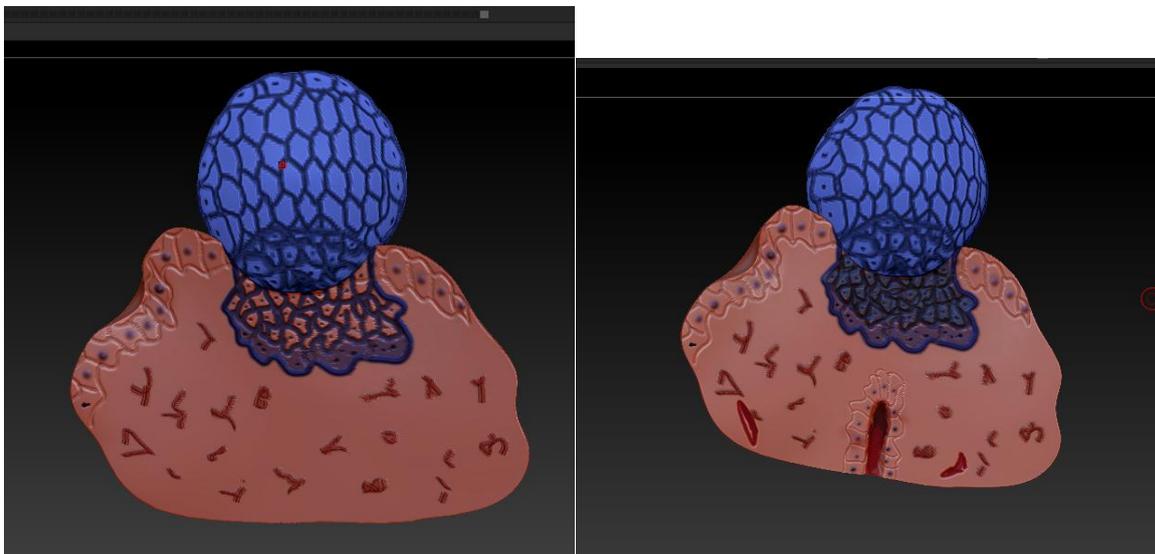
Les brosses qu'on a utilisé : Clay (Zadd : turn on), Dam-Standard (Zsub : turn off)
*Alpha de type différents : 08, 25,31

*Strokes de type: Color Spray, DragDot

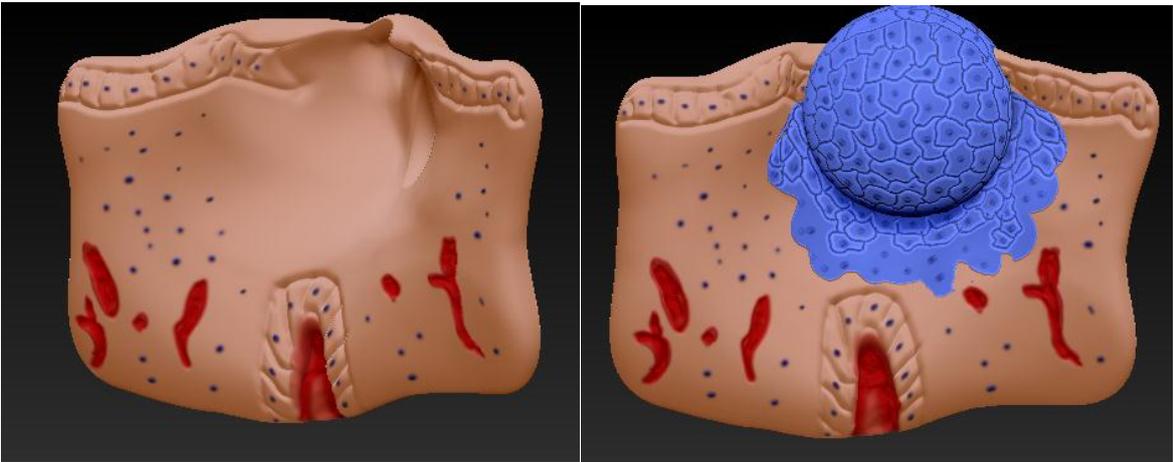
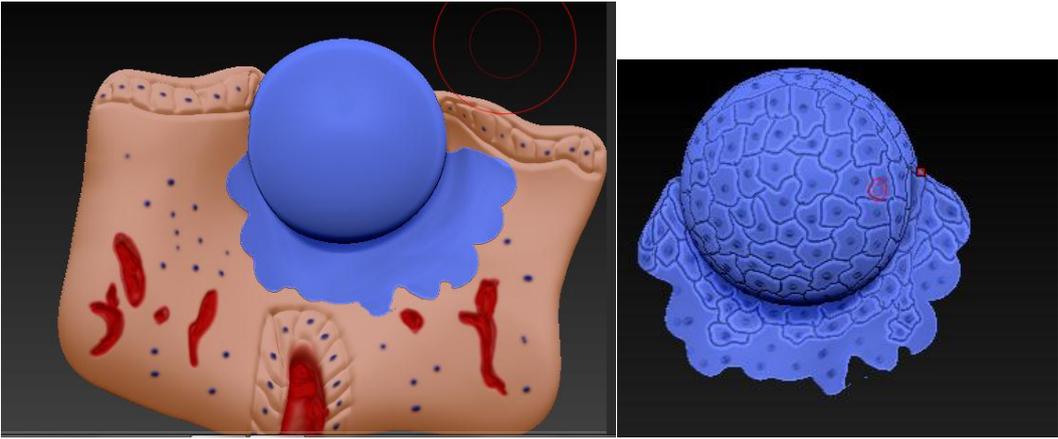
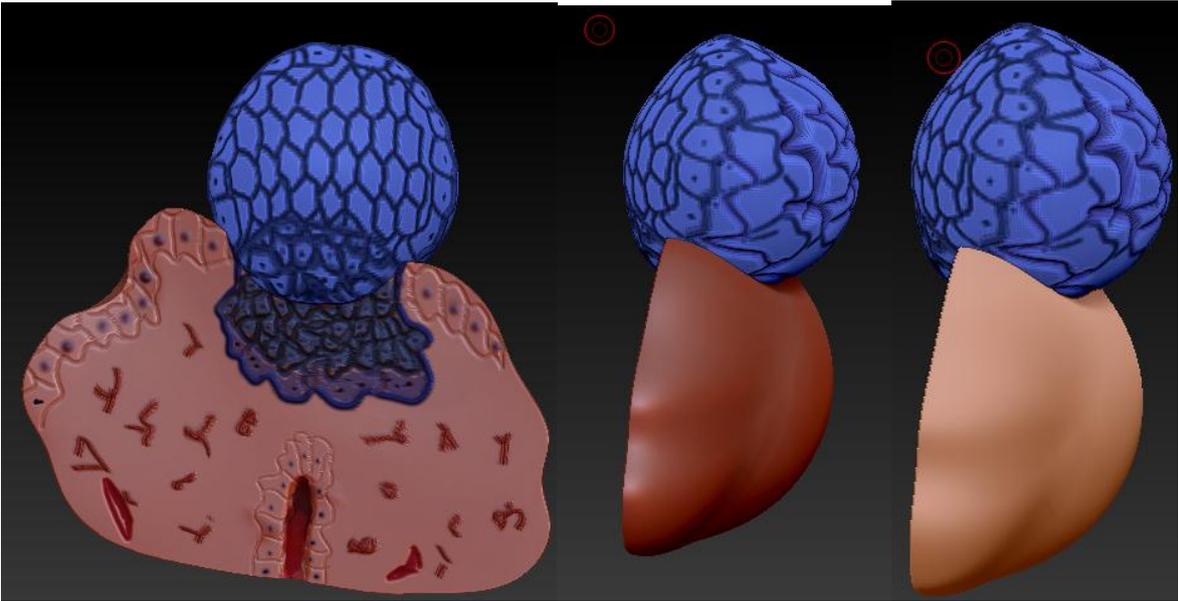
Remarque :

Au cours de ce développement on remarque qu'il n'y a pas beaucoup de changement d'une étape à l'autre donc à chaque fois, on charge le projet précédent, on introduit les modifications puis on le renomme. A la fin on obtient autant de projet que d'étapes de développement. Malheureusement et avec le matériel que nous avons, on ne peut charger tous les objets en même temps ces derniers étant très volumineux (contiennent beaucoup de détails).

La figure 4.1.41 montre les résultats de cette modélisation. La figure 4.1.42 récapitule mes étapes de segmentation, migration et nidation.

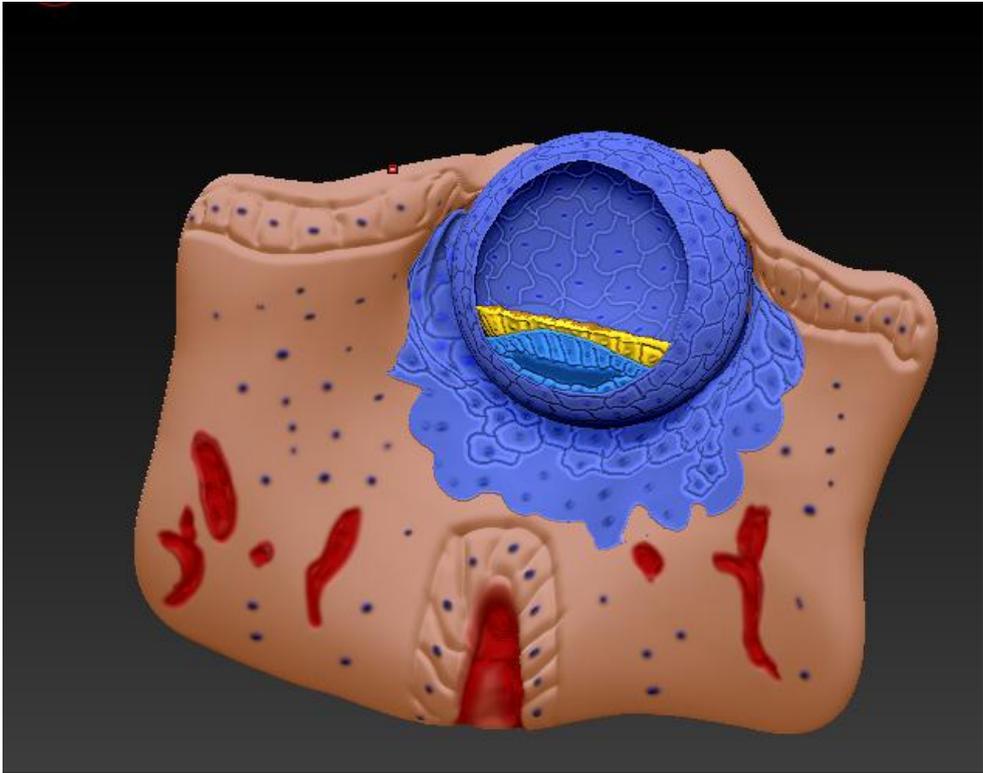
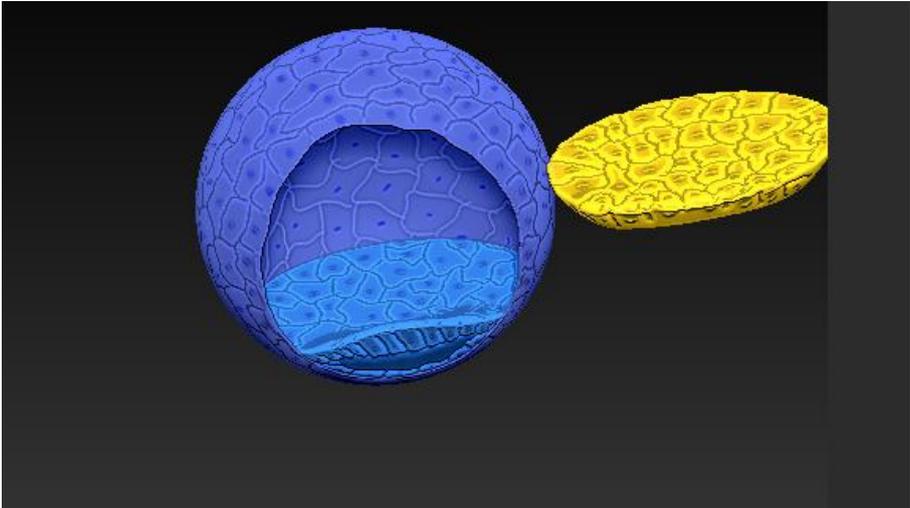
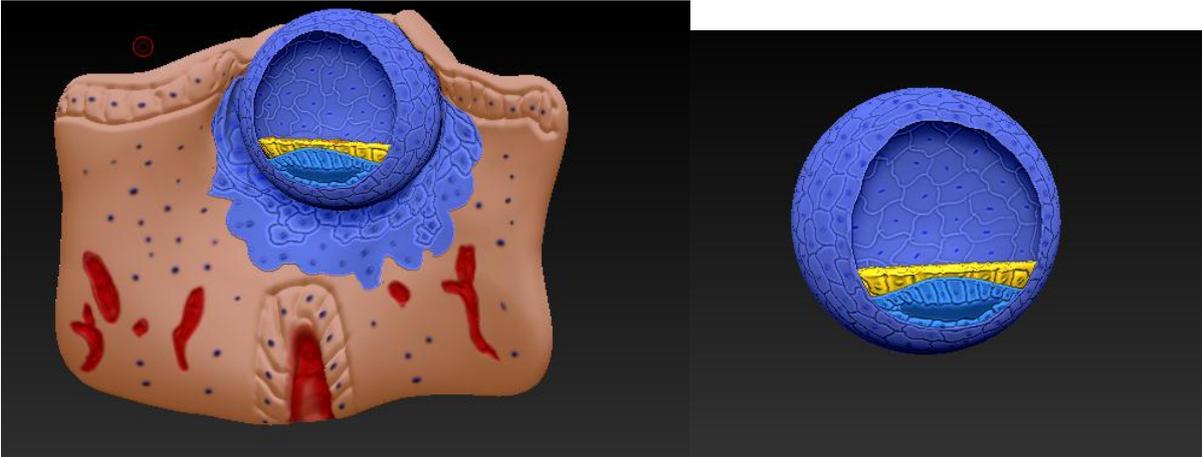


Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

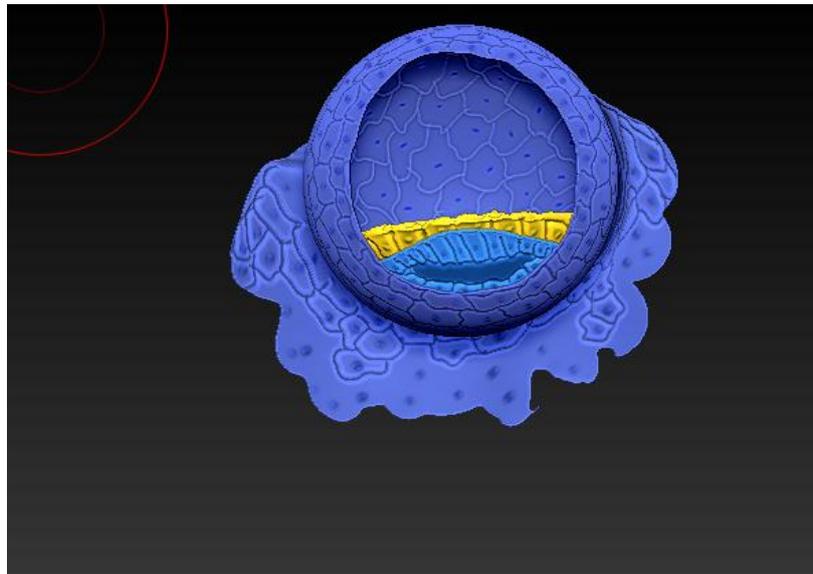
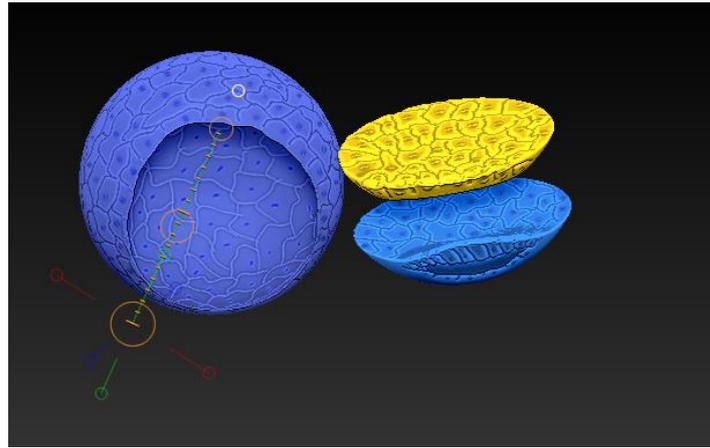


a. L'invasion de l'endomètre du 7^{ème} au 8^{ème} jour

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

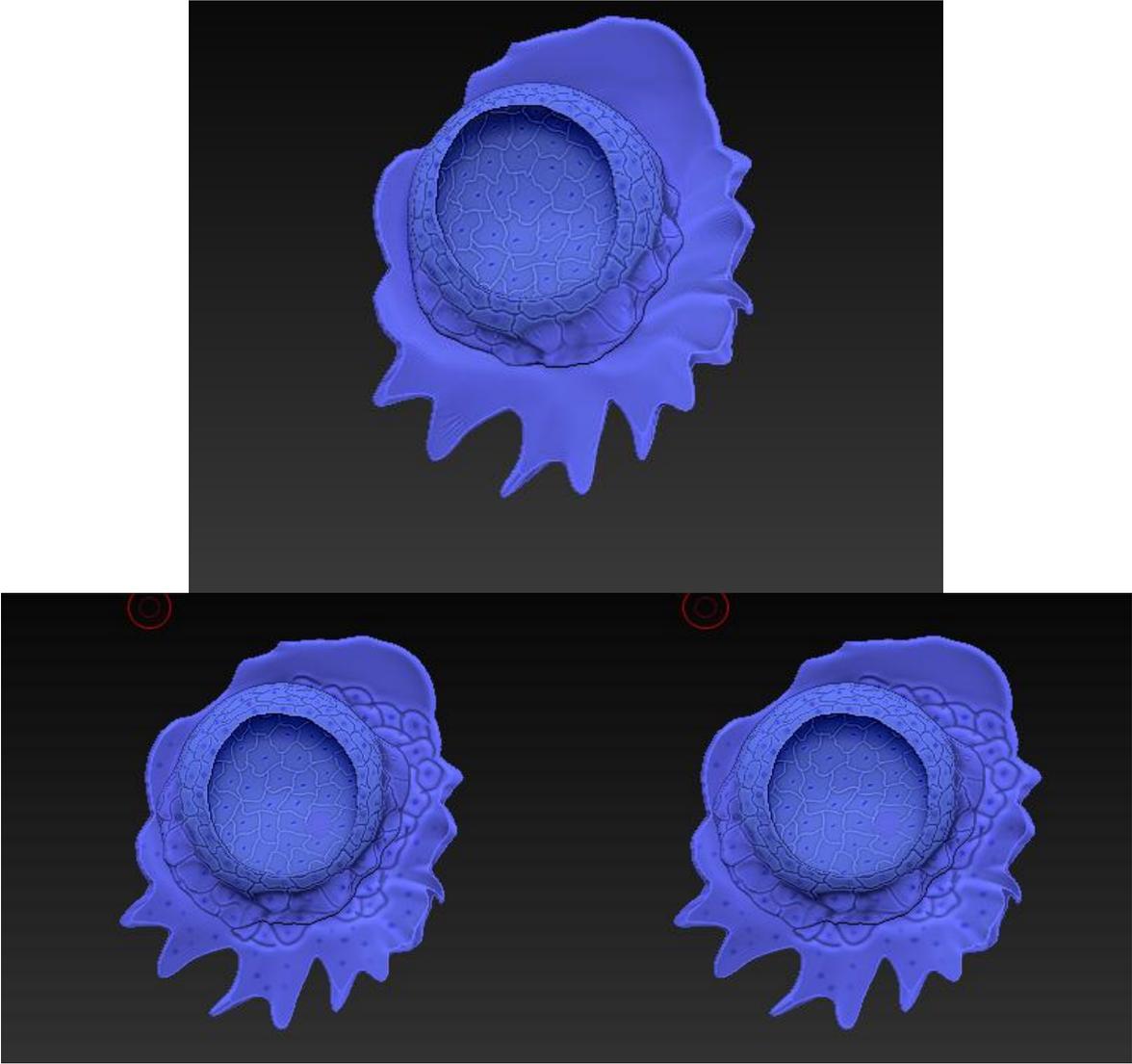


Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)

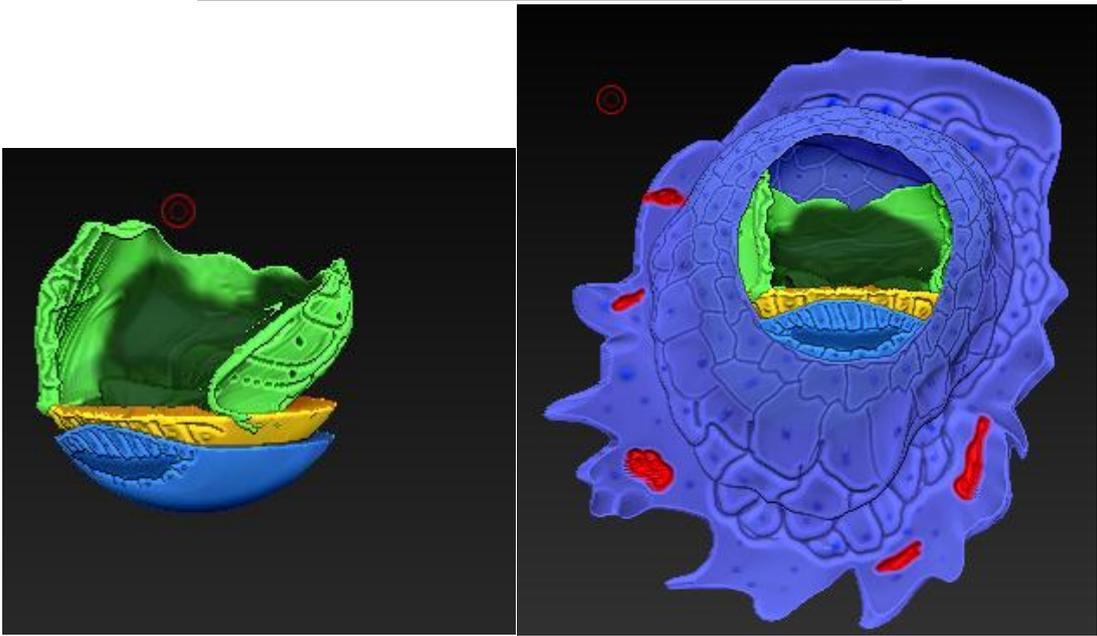
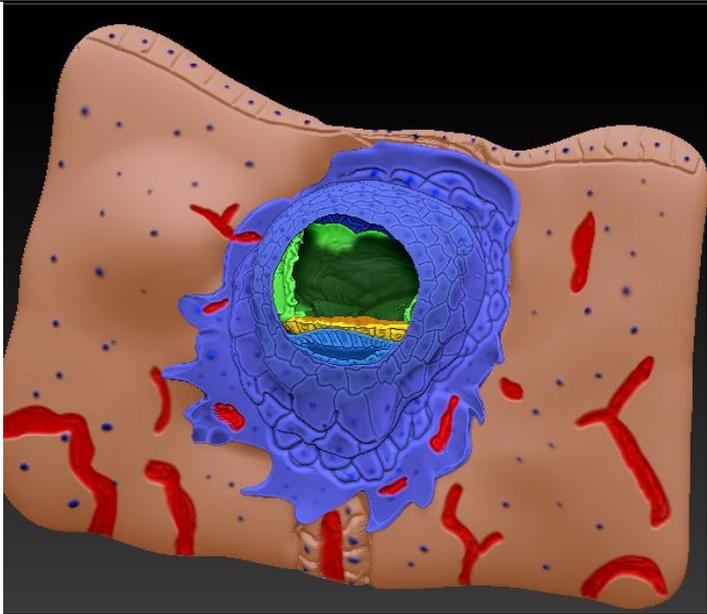
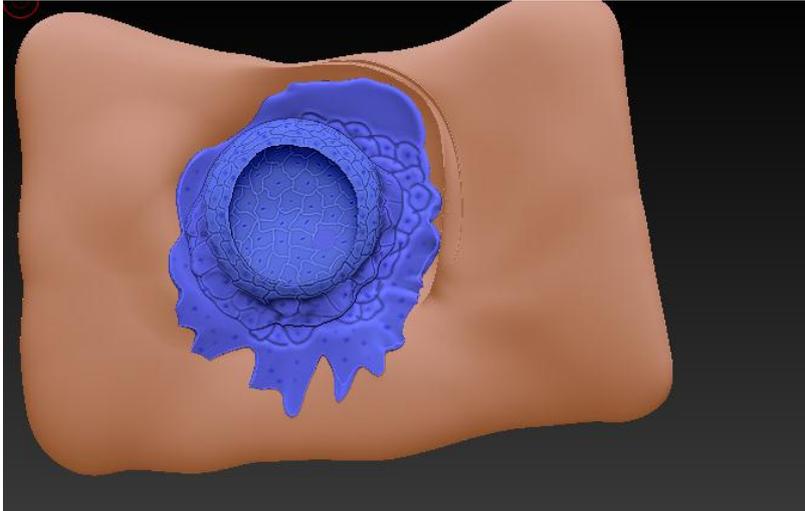


b. Transformation du bouton embryonnaire en disque embryonnaire didermique et formation de la cavité amniotique

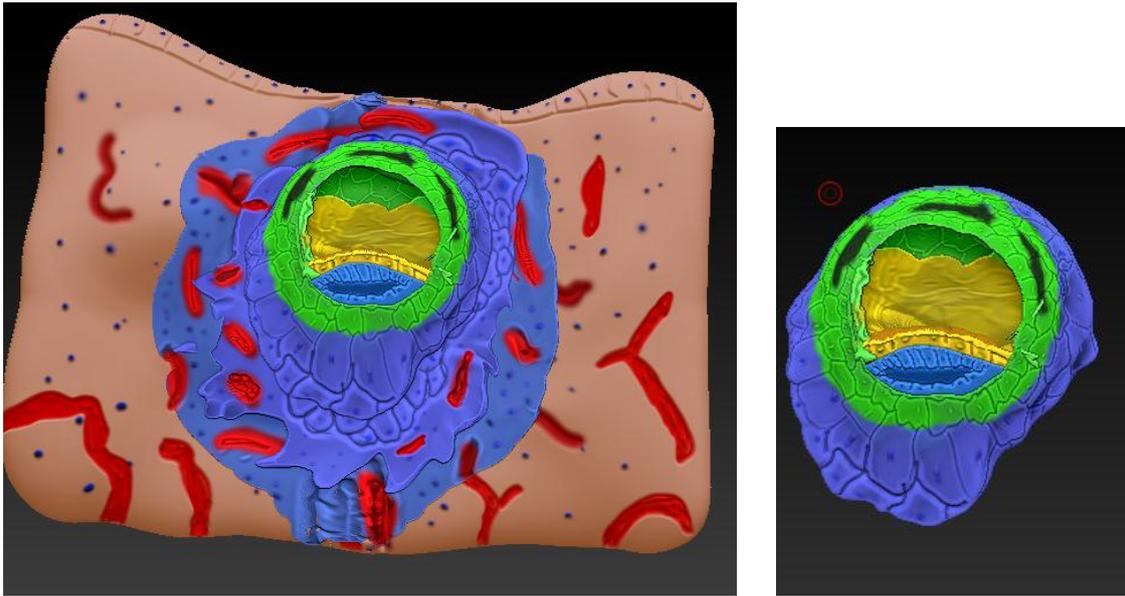
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



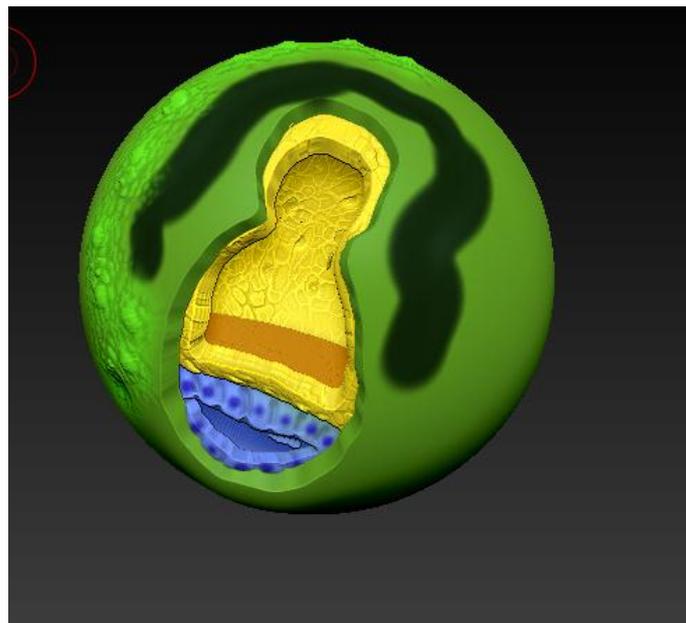
Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



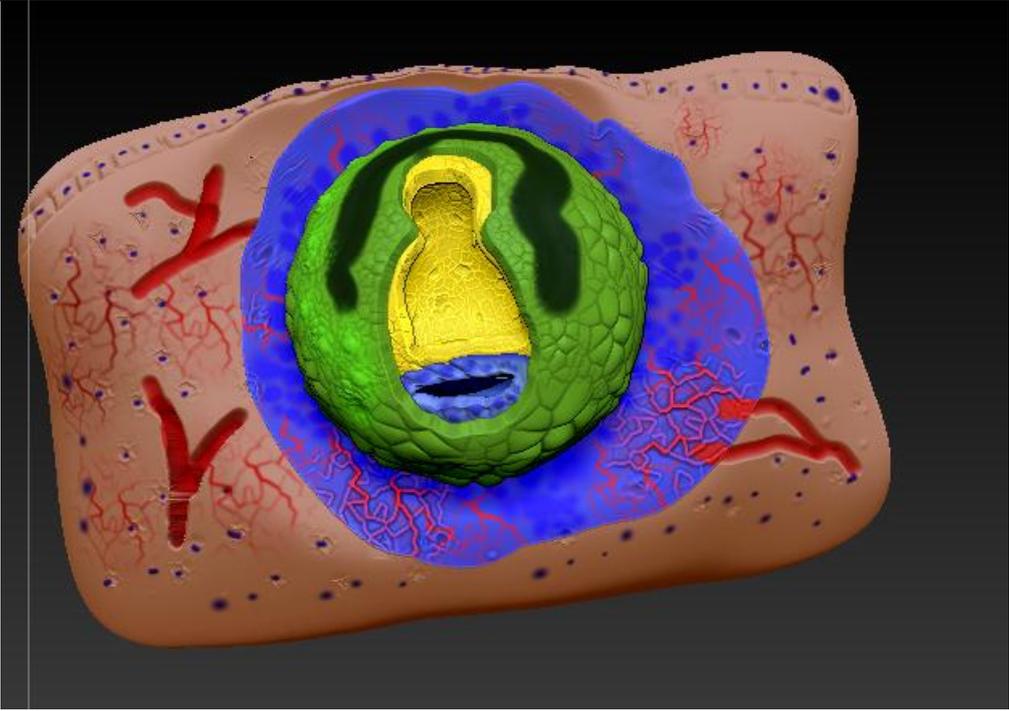
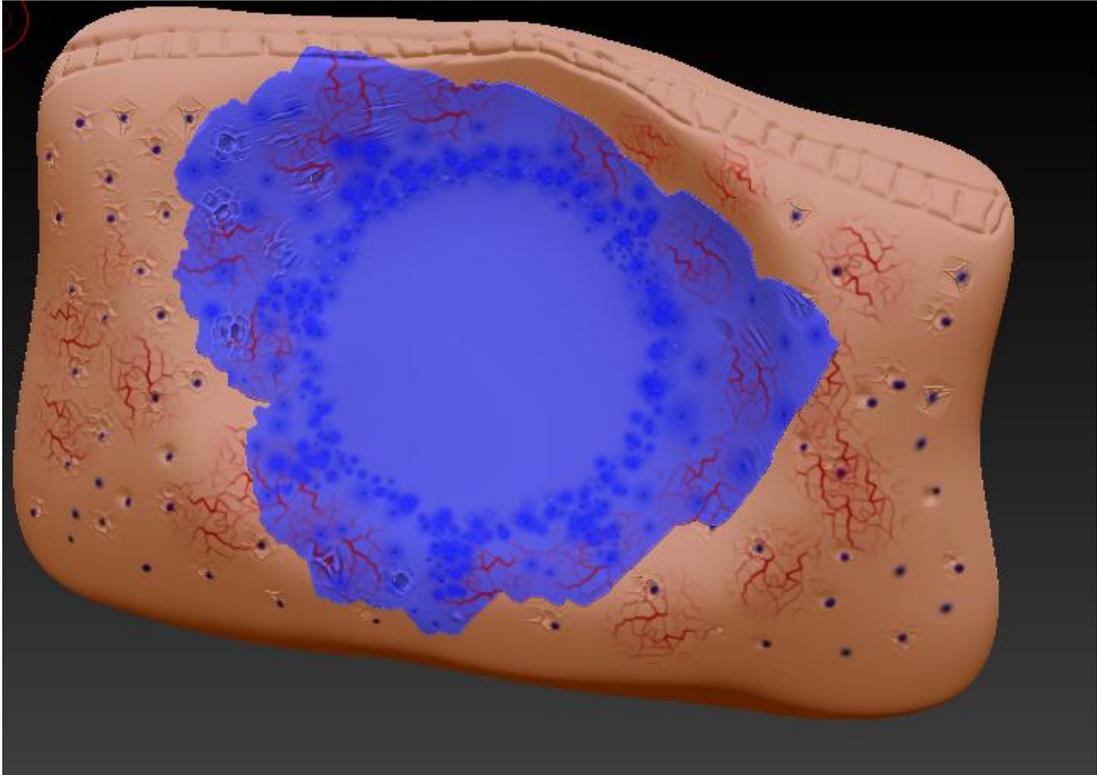
c.L'invasion de l'endomètre fin du 9eme jour

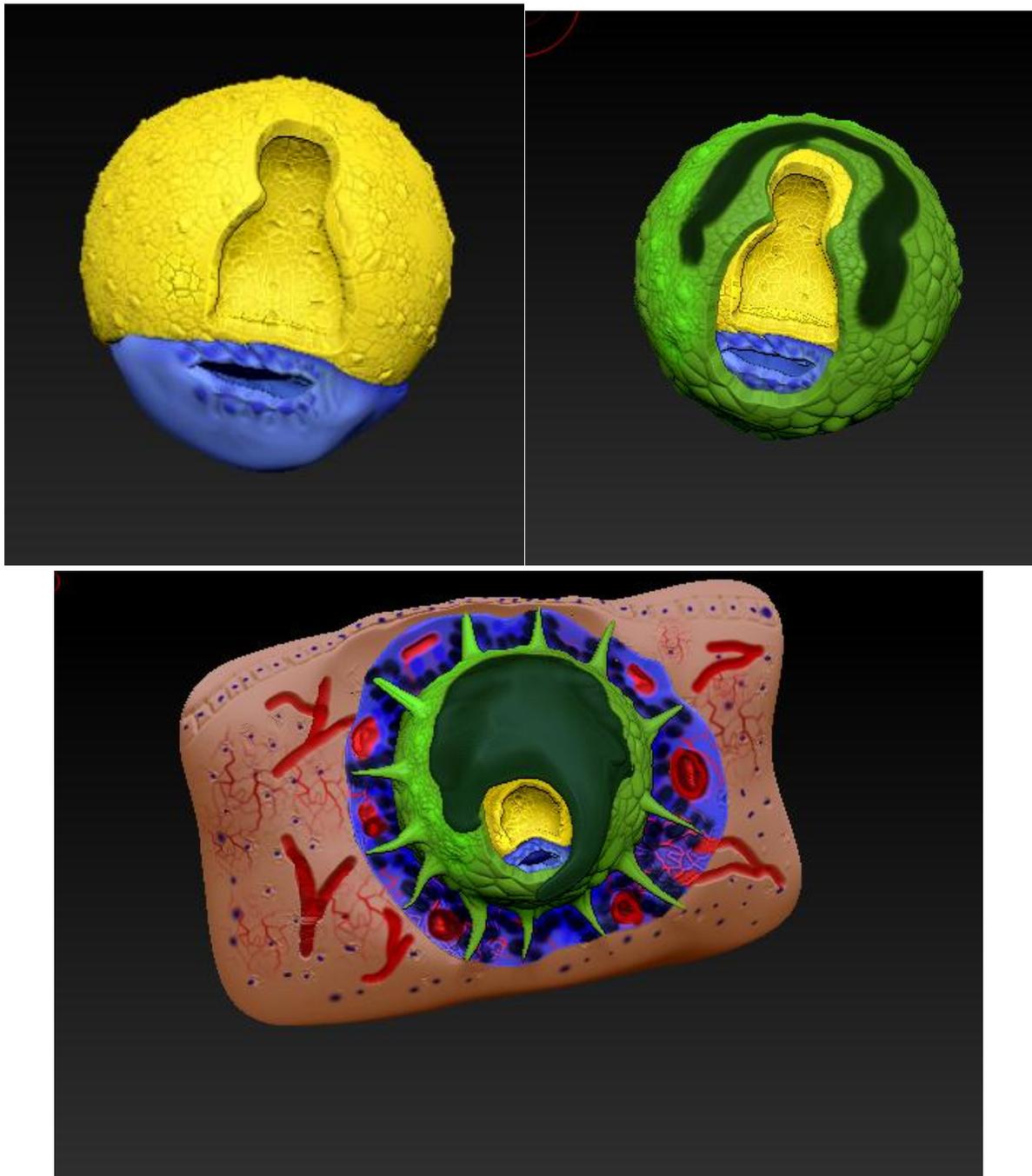


d. L'invasion de l'endomètre 11^{ème} au 12^{ème} jour et formation du mésenchyme extra-embryonnaire et du lécithocèle primaire



Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)





d. l'invasion de l'endomètre 13^{ème} jour jusqu'au 15^{ème} jour (la fin de la 2^{ème} semaine) et l'évolution du mésenchyme extra-embryonnaire et constitution du lécithocèle secondaire.

Figure 4.1.41 La deuxième semaine du DE

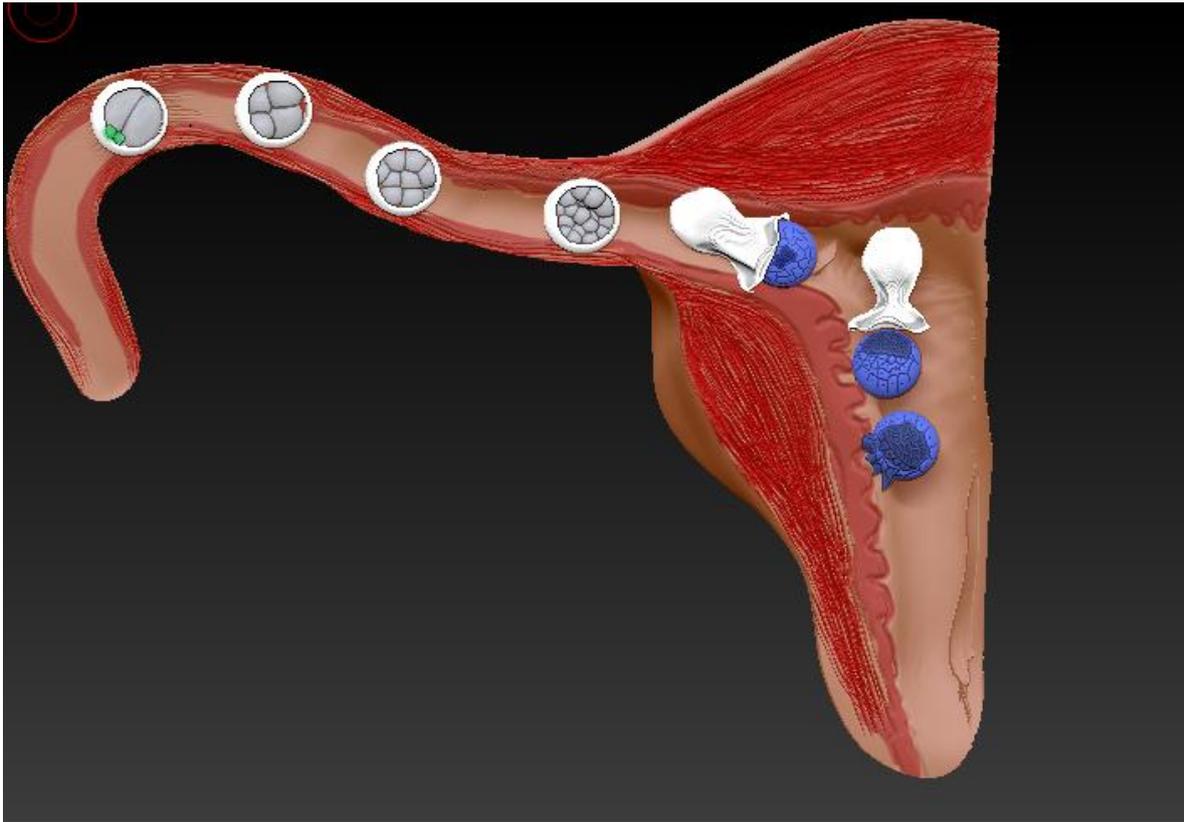


Figure 4.1.42 La segmentation, migration et nidation

Partie 2 : Animation avec Maya

Nous avons déjà expliqué les notions de base sur l'animation dans le chapitre précédent, à présent il faut savoir les exploiter et les adapter à nos besoins en tenant compte des contraintes matérielles. En effet, l'animation est très gourmande en temps d'exécution et en espace mémoire puisqu'elle manipule beaucoup d'objets avec beaucoup de détails. Notre PC est un i3 et nous n'avons pas pu charger les différentes transitions avec les détails réalisés dans la partie modélisation. Cependant nous avons quand même réalisé des animations avec un maillage réduit, soit sous Maya, soit sous 3DSMax. Le deuxième problème qui se pose est la portabilité des objets ZBrush. Comme ZBrush et Maya appartiennent à la même boîte, nous pensions qu'il était normal d'importer des objets ZBrush pour les animer sous Maya. Malheureusement ce ne fut pas aussi simple. En effet, lorsqu'on importe un projet qui contient plusieurs sous-objet, on n'obtient sous Maya qu'un seul sous-objet. Pour résoudre ce problème nous avons exporté puis importé les sous objet un à un (chacun dans un projet à part) et ce n'est pas une tâche facile : prenons l'exemple d'une cellule (il faut gérer tous ses composants noyau avec ses détails...).

On a essayé de résoudre ce problème et pour ça nous avons proposé une nouvelle méthode qui la suivante :

- ❖ ouvrir le projet que nous voulons exporter et qui contient plus de deux objets ; jouer sur la visibilité des différents sous objets, à partir de la palette SubTool.
- ❖ Cliquer sur l'icône Merge (au-dessous de ce palette), ce qui permet de regrouper les sous objet en un seul sans les fusionner.

Faites attention à deux choses :

- On doit respecter l'ordre des objets (exemple pour l'ovocyte, on doit suivre le chemin suivant : chromosome -> noyau -> cellule -> globules polaires -> la couche externe ...), si les sous-objets sont désordonnés vous pouvez les organiser à travers les flèches de position qui se trouvent dans la palette SubTool (figure 4.2.1).
- Si on a un objet dupliqué, on doit sélectionner l'original et le déplacer on haut de ses clones (((objet origine->objet dupliqué1) -> objet dupliqué2) ->.....)

Chapitre 04 : modélisation et animation du développement embryonnaire (2 semaines)



Figure 4.2.1 Palette SubTool (l'option Merge / flèches de repositionnement les sous-objets)

À la fin de cette opération on aura un seul objet dans la palette SubTool, qu'on peut exporter. Cependant si les objets contiennent beaucoup de détails (un grand nombre de sommet et donc de facettes), l'opération d'export /import entre ZBrush et Maya est énormément ralentie.

Si tous ces problèmes sont résolues on peut passer à la mise au point d'une animation. Ici on se confronte à l'embarras du choix de la meilleure méthode d'animation : quels paramètres quels options régler, si toute fois on a la maîtrise de cet outil et le bon matériel pour l'exécuter.

Malgré tous ces problèmes, nous avons essayé de réaliser des animations ; concernant les principaux phénomènes (la fécondation, la nidation et migration, l'ovocyte, l'ovulation, l'appareil génitale féminin)

Nous avons également réalisé des vidéos d'apprentissage pour mieux expliquer la manière de réaliser certains effets et le choix des bons paramètres pour y parvenir sous Maya.

Les animations réalisées sont placées dans le CD joint au document.

III. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats de la modélisation 3D du développement embryonnaire jusqu'à la deuxième semaine. Nous avons décrit l'aspect médical pour chaque phase accompagné de figures schématiques puis des modèles développés sous ZBrush, en précisant les détails et astuces de mise au point. En effet, il n'y a pas une solution unique pour arriver à reproduire fidèlement un modèle, chacun son imagination et ses compétences vis-à-vis des outils proposés par le logiciel. Ainsi, nous avons modélisé, en partant d'une sphère, l'utérus, l'ovocyte, le spermatozoïde, la fécondation, la segmentation la migration la nidation, puis le développement jusqu'à la deuxième semaine. Au passage à la phase d'animation, sous Maya, nous avons rencontré des obstacles techniques (import d'objets complexes délicat, temps de chargement interminable...) et matériels (PC peu puissant) que nous avons contourné pour parvenir à animer une bonne partie de ce qui a été modélisé que ce soit avec Maya comme convenu ou avec 3DSMax comme solution alternative. Nous n'avons pas exploité pleinement la puissance de Maya en termes d'effets spéciaux et de systèmes de particules mais ceci reste un projet en perspectives.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Pour nous « les technologie 3D » était un sujet très vague, c'est pour cela que nous avons voulu en savoir un peu plus. Nous nous sommes vite aperçu que cette branche est très large. Il a donc fallu évaluer et retenir uniquement les informations les plus importantes, ce qui n'a pas toujours été facile. En effet, la 3D se développe énormément en ce moment dans tous les domaines, nous avons ciblé le domaine médicale et plus précisément l'embryologie humaine qui représente pour l'enseignant et pour l'étudiant un réel défi.

L'embryologie représente une science dynamique au cours de laquelle l'enseignant est amené à expliquer des phénomènes qui se déroulent dans un ordre chronologique commun de manière séparée. L'étudiant est confronté à une gymnastique de l'esprit afin de pouvoir assimiler tous les événements du développement embryonnaire dans le temps et dans l'espace.

Ceci demande un grand sens de l'imagination : comment arriver d'une cellule unique à un embryon tridimensionnel.

L'enseignement de cette discipline est assurée actuellement grâce à des planches faites à différents stades du développement embryonnaire mais ça reste des moyens statiques.

Nos travaux entrent dans le cadre du développement d'un moyen pédagogique permettant d'enseigner cette science de manière dynamique avec des événements qui se succèdent de manière claire et explicite. Pour construire ce moyen, notre étude s'est articulée autour de deux grands axes : Le premier, consistait à modéliser les premiers stades de développement embryonnaire (les deux premières semaines) par le logiciel ZBrush, très spécialisé dans la sculpture. Le deuxième, consistait à animer certains phénomènes qui se produisent au cours de cette évolution à travers le logiciel Maya.

La première partie de notre travail consistait en la prise en main des deux logiciels ZBrush et Maya, ce qui n'était pas une tâche facile car les ressources sont limitées. Nous avons donc voulu faire profiter le lecteur de notre expérience et avons mis à sa disposition, à travers les chapitres 2 et 3 un tutoriel de ZBrush et Maya respectivement. Nous avons également réalisé des vidéos pédagogiques qui sont nécessaires pour exécuter certaines tâches car le texte explicatif est insuffisant.

La deuxième difficulté rencontrée est d'ordre technique, il faut un matériel informatique performant et puissant pour travailler un projet avec beaucoup de détails. Pour commencer nous avons démarré avec une configuration minimale (PC i3 2Go de RAM) mais plus on a ajouté des détails dans nos modèles plus l'exécution s'est allourdie jusqu'à bloquer le PC.

Donc et avec toutes ces difficultés, nous avons modélisé sous ZBrush tous les éléments nécessaires pour représenter aussi fidèlement que possible, l'utérus, le spermatozoïde, l'ovocyte, la fécondation et les différents stades d'évolution de l'embryon jusqu'à la deuxième semaine.

L'étude de l'ensemble des logiciels de modélisation (chapitre 1) nous a conduits à choisir Maya pour la phase d'animation. Normalement cette étape est la continuité de la phase de modélisation. Mais comme nous avons changé de logiciel, il a fallu importer les objets développés sous ZBrush. Et c'est à partir de ce moment que nous avons réellement ressenti la nécessité de changer le matériel PC. Chose qui n'était pas faisable immédiatement, nous

Conclusion générale et perspectives

avons fait des « acrobaties » numériques pour animer des objets avec un moindre maillage, refaire certains modèles sous Maya et sous 3DSMax... Tout ceci nous a appris que la compatibilité entre les deux logiciels n'est pas aussi évidente qu'on le pensait. Nous avons donc réalisé certaines animations avec Maya et 3DSMax : l'appareil génitale féminin, l'ovocyte, l'ovulation, la fécondation, le phénomène de migration.

Nos ambitions étaient grandes nous en avons réalisé certaines nous en avons laissé d'autres comme par exemple le module de sortie « wire fusion ». Nous pensons que ce projet n'est que le début d'une série de développement qui, on espère, aboutira à un produit fini qui sera exploité en pédagogie médicale. Cependant et pour les futurs développeurs nous conseillons d'acquérir un PC avec une configuration de départ de : i7 ; 16 Go de RAM et une carte graphique..... D'autre part nous pensons que certaines formes doivent être réalisées sous ZBrush (forme organique comme l'utérus), tandis que pour les autres formes moins complexes, il est préférable de les développer directement sous Maya pour éviter les aléas d'importations.

Enfin la pédagogie n'est pas l'unique objectif, la modélisation peut parfaitement être exploitée à d'autres fins comme la recherche médicale.

Bibliographie :

- [1] : <Les-technologies-3d>/ (ppt) Page 1/ Page 7
http://fr.slideshare.net/louise-jerome-william/les-technologies-3d?next_slideshow=2
- [2] : Denis Diderot ,<LA MODELISATION 3D :3D MODEL RETRIEVAL SYSTEM> Université Paris 7 –Année 2009-2010/ (pdf)
**Grand dictionnaire terminologique, Office québécois de la langue française
<http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>
**Grand dictionnaire terminologique, Office québécois de la langue française
<http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>
- [3] https://fr.wikipedia.org/wiki/Logiciel_de_mod%C3%A9lisation_tridimensionnel
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Texture> / <https://fr.wikipedia.org/wiki/Rendu>/
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Perspective>
- [4] Frank Singhoff, <Introduction à la modélisation et à l'animation 3D>, Bureau C-203 Université de Brest, FranceLISyC/EA 3883, singhoff@univ-brest.fr
- [5] <http://mak3r.com/impression-3d/impression-3d-definition/>
- [6] Christophe RENAUD , <Modélisation 2D/3D>, Master IGC première année, Année universitaire 2011-2012
- [7] <http://manommtrainer.blogspot.com/2011/02/definition-of-3d-studio-max.html>
- [8] https://fr.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max
- [9] <http://www.numerama.com/tech/132900-logiciels-et-outils-de-modelisation-3d.html>
- [10] <https://fr.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
- [11] https://fr.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Maya
- [12] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Modo_\(logiciel\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Modo_(logiciel))
- [13] <http://www.autodesk.com/products/mudbox/overview>
- [14] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Mudbox>
- [15] « Autodesk® Softimage® Last Release Announcement – Update May 20th, 2014 », sur <http://www.autodesk.net/>
- [16] <http://jeux.developpez.com/livres/index/?page=Modelisation-3D#L2744023388>
- [17] <http://pixologic.com/ZBrush/>
- [18] <http://www.e-tribart.fr/blog/secteur-3d/modelisation-organique-sous-zbrush>
- [19] <https://www.youtube.com/watch?v=k46TVNocJz8>

- [20] <http://docs.pixologic.com/getting-started/basic-concepts/the-pixel/>
- [21] <https://openclassrooms.com/courses/apprenez-la-sculpture-digitale-avec-pixologic-zbrush/decouverte-de-zbrush-et-de-la-3d-en-generale>
- Danyl Bekhoucha (Linko) « *Tutoriel : Apprenez la sculpture digitale avec Pixologic ZBrush* »
Licence Creative Commons 6 2.0,
- [22] <http://fr.tuto.com/zbrush/zbrush-vos-premiers-pas-zbrush,45917.html>
<http://docs.pixologic.com/>
- [23] ZBrush 4R7, <*What's New Guide*>Makers of ZBrush; pdf
- [24]<*Clean extrusion in Zbrush by elemmanuel*> - YouTube
- [25]<*Tutoriel Zbrush modélisation personnage Ecole 3d e-tribArt - Cyril Cosentino* -> YouTube
- [26]Tutorial - <*Prise en main de ZBrush, du Pixel à la sculpture - le ZBlog - Tout sur l'univers de ZBrush*>
- [27] <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/painting-your-model/polypaint/>
- [28] ZBrush #12< *Painting using Spotlight*>
- [29] Z Brush Basics - Lesson 5 of 10 - <*Sculpting* >- YouTube
 Z Brush Basics - Lesson 6 of 10 -< *Using Other Brushes*> - YouTube
- [30]<*Hard Surface overview with ZBrush*> - YouTube
- [31] <*zbrush Character creation_manimal*>,3DTOTAL.com EBook series
- [32] <*Make Jewelry Ring Using Alpha ZBrush* >- YouTube
- [33] T.Wat – BSRU, <*Zbrush Shoes*> - YouTube
 Z Brush Basics - Lesson 3 of 10 -< *Subtools Menu* >- YouTube
- [34] ZBrush Tutorial – <*Polygroups* > - YouTube
 <*ZBrush Polygroups*> - YouTube
- [35] <http://pixologic.com/zbrush/features/Deformations/>
- [36] <http://www.polysculpt.com/membre/videos-zbrush-techniques/personnalisation-interface-zbrush/>
- [37]< *Principaux raccourcis zbrush* > ; <http://forum.zbrush.fr/index.php?topic=6754.0>
 <*Zbrush 4 tuto #1#*>/ <https://www.youtube.com/watch?v=WEpej30LKko>
<http://www.youtube.com/watch?v=6-hRle7SpyA&fmt=18>
<http://www.youtube.com/watch?v=YoZm-qah6TU&fmt=6>

- [38] <http://forum.conseil-config.com/t/config-pc-infographie-2d-3d-1500/629>
<http://forums.cnetfrance.fr/topic/1204281-conseil-configuration-pc-infographie/>
http://forum.hardware.fr/hfr/Graphisme/Infographie-3D/config-pc-3d-sujet_35331_1.htm
<https://knowledge.autodesk.com/support/maya/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-Maya.html>
- [39] <Maya 2015 course introduction user Interface >- YouTube
- [40]<Intro to Maya >, pdf
- [41] <Decouverte-Maya >, pdf
- [42] Danyl Bekhoucha (Linko), < Apprenez à modéliser en 3D avec Autodesk Maya>, pdf
http://www.dailymotion.com/video/xg8set_tutoriel-video-initiation-au-logiciel-autodesk-maya_creation
<https://www.video2brain.com/fr/formation/les-fondamentaux-de-maya-2014-1-prise-en-main>
https://www.youtube.com/watch?v=_43gNZ-EGMg
https://www.youtube.com/watch?v=6xqPWZ_uNhk
- [43] <http://www.mayalounge.com/viewtopic.php?t=99>
<http://www.elephorm.com/tuto-maya-7-atelier-creatif/barre-de-commande-mel>
- [44] <Getting started maya > Autodesk Maya 2011, pdf
- [45]<Animation> Autodesk Maya 8.5, pdf
- [46] Poirier,J., Catala,M. (2010),<Leçons d'embryologie humaine>, Edition Maloine
- [47] cou Langman,J. ,< Embryologie médicale >, (2003).. Edition Pradel
- [48] <http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/embryologie/Accueil/Accueil.html>
- [49] <647m1-EMBRYOLOGIE>,pdf
- [50]<Deuxième semaine du développement embryonnaire>,pdf
A. Bouaziz,<Deuxième semaine du développement embryonnaire>, ppt